



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

ANALÝZA STABILITY ODCHYLKY ODTAHU PŘI VÝROBĚ HYDRAULICKÝCH HADIC

INVESTIGATION OF PROCESS STABILITY AT THE BRAIDING

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. Robert JOSIEK

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Josef SEDLÁK, Ph.D.

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2011/12

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Robert Josiek

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie a průmyslový management (2303T005)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Analýza stability odchylky odtahu při výrobě hydraulických hadic

v anglickém jazyce:

Investigation of process stability at the braiding

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Úvod
2. Analýza současného výrobního stavu ve firmě Semperflex Optimit s.r.o.
3. Popis technologie opletu hydraulických hadic
4. Analýza vlivu měření odtahu
5. Vliv výrobních procesů na odchylku odtahu
6. Technicko-ekonomické zhodnocení
7. Závěr

Cíle diplomové práce:

Cílem práce je analyzovat velikost odchylky odtahu při procesu opletování hydraulických hadic ve firmě Semperflex Optimit s.r.o. a zjistit velikost odchylky odtahu hadice ve zbývajícím procesu výroby a na hotové hadici. Na základě provedené analýzy navrhnout optimální řešení s cílem minimalizovat odchylku odtahu. Práce bude ukončena technicko-ekonomickým zhodnocením vlivu výrobního procesu na velikost odtahu.

Seznam odborné literatury:


1. WETTEBORN, H. Hydraulische Leitungstechnik: Ein Praxishandbuch. 1. Auflage. Bremen: Beste Zeiten Verlagsgesellschaft, 2008. 832 s. ISBN 978-3-88808-703-5.
2. SEUNG-BUM, K., NAK-SAM, CH. Micro-damage formation of a rubber hose assembly for automotive hydraulic brakes under a durability test. Engineering Failure Analysis, Volume 16, Issue 4, June 2009, p. 1262-1269. ISSN 1350-6307.
3. CHO, J.R., SONG, J.I., Swaging process of power steering hose: Its finite element analysis considering the stress relaxation. Journal of Materials Processing Technology, Volumes 187-188, 12 June 2007, p. 497-501, ISSN 0924-0136.
4. CHO, J.R., SONG, J.I., NOH, K.T., JEON, D.H. Nonlinear finite element analysis of swaging process for automobile power steering hose. Journal of Materials Processing Technology, Volume 170, Issues 1-2, 14 December 2005, p. 50-57. ISSN 0924-0136.
5. DIN-Taschenbuch 174: Schlauchleitungen für die Fluidtechnik. 4. Auflage. 2002. 512 s. ISBN 3-410-14545-1.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Josef Sedlák, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/12.

V Brně, dne 23.11.2011





prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu



prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá sledováním a analýzou odtahu (stoupání opletu), jako jednoho z klíčových parametrů hydraulických hadic. Data pro analýzu byla získána ve společnosti Semperflex Optimit s.r.o. Jsou popsány výrobní procesy a zkoumán jejich vliv na velikost odtahu. Rozborem naměřených dat byly nalezeny dva procesy, které v největší míře ovlivňují odtah a byly doporučeny jejich změny. Pomocí statistických metod byla ověřena přesnost měřicího systému a po zjištění jeho nezpůsobilosti byl proveden návrh na opatření.

Klíčová slova

hydraulické hadice, odtah, oplet, statistické vyhodnocení dat

ABSTRACT

This thesis is focused on analyzing pitch as one of the key parameters in manufacturing hydraulic hoses. Data for this analysis was acquired directly on site at Semperflex Optimit s.r.o. In this paper, a description of processes will be provided, and the influence of these processes on the pitch will be investigated. During this analysis two processes were found to have the greatest influence on the pitch and improvements were suggested. Using the Gauge R&R method, the precision of the measuring system was assessed and the appropriate adjustments were made.

Key words

hydraulic hose, pitch, braiding process, statistical analysis

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

JOSIEK, R. *Analýza stability odchylky odtahu při výrobě hydraulických hadic*. Brno 2012. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 69 s. 7 příloh. Ing. Josef SEDLÁK, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Analýza stability odchylky odtahu při výrobě hydraulických hadic** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

.....
Datum

Bc. Robert Josiek

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Josefu Sedlákoví, Ph.D. za cenné připomínky a metodické vedení práce, panu Ing. Danielovi Pazdírkovi za odborné, technické rady a panu Ing. Josefu Bednářovi, Ph.D. za pomoc se statistickým vyhodnocením dat.

OBSAH

ABSTRAKT	5
PROHLÁŠENÍ.....	6
PODĚKOVÁNÍ	7
OBSAH.....	8
ÚVOD.....	11
1 O společnosti Semperflex Optimit s.r.o.....	12
1.1 Historie Optimit a.s.	12
1.2 Historie Semperit AG.....	12
1.3 Fúze obou společností	14
1.4 Současnost společnosti Semperit AG.....	14
1.4.1 Sempermed	14
1.4.2 Sempertrans	14
1.4.3 Semperform	15
1.4.4 Semperflex	15
2 Proces výroby hydraulických hadic	18
2.1 Trn.....	18
2.2 Výroba duší	18
2.3 Oplet.....	19
2.3.1 Výroba mezigumy.....	20
2.3.2 Cívkování.....	21
2.3.3 Systém oplétání.....	21
2.4 Obal	22
2.5 Vulkanizace.....	23
2.5.1 Bandážování.....	23
2.5.2 Průběh vulkanizace	24
2.5.3 Debandážování.....	26
2.6 Zkušební stanice.....	26
2.7 Kontrola a stáčení hadic	26
3 Měření odtahu	27
3.1 Odtah	27
3.2 Geometrie oplétání	27
3.2.1 Neutrální úhel a jeho odvození	28
3.2.2 Vliv odchylky od neutrálního úhlu	30
3.3 Měření odtahu	31

3.4	Způsobilost měřicího systému.....	31
3.4.1	Měřicí systém.....	31
3.4.2	Popis analýzy Gauge R&R	31
3.4.3	Analýza měřicího systému.....	33
3.4.4	Hodnocení a nápravná opatření	34
3.4.5	Analýza Gauge R&R nového posuvného měřítka	35
3.4.6	Hodnocení posuvných měřitek	36
3.5	Stabilita odtahu na vzorku.....	36
3.6	Vymezení pojmů	37
3.7	Označování míst měření.....	37
3.8	Průběh měření	38
3.8.1	Linka oplétání	38
3.8.2	Vytlačování obalu	38
3.8.3	Bandážování.....	38
3.8.4	Debandážování.....	38
3.8.5	Zkušební stanice	39
3.8.6	Linka konečné úpravy.....	39
3.8.7	Konečná velikost odtahu.....	39
3.9	Naměřené hodnoty	39
4	Analýza získaných dat	41
4.1	Ověření normálního rozdělení.....	41
4.2	Statistická významnost naměřených rozdílů odtahů	44
4.2.1	Studentův t-test	44
4.2.2	Výsledky t-testu	45
4.2.3	Hodnocení t-testu	46
4.3	Změna velikosti odtahu	46
4.4	Hodnocení výsledků měření.....	48
4.5	Změna odtahu na zkušební stanici – druhá zkouška	48
4.5.1	Bandážování.....	48
4.5.2	Debandážování.....	49
4.5.3	Převíjení na zkušební buben	49
4.5.4	Vytlačování trnu	49
4.5.5	Tlaková zkouška	49
4.5.6	Převíjení na přepravní buben	49
4.5.7	Linka konečné úpravy.....	49

4.5.8	Průběh měření a názvosloví.....	50
4.6	Ověření normálního rozdělení.....	50
4.6.1	Hodnocení výsledků	51
4.7	Převíjení do koše – třetí zkouška	52
4.8	Způsobilost procesu	56
4.9	Tlaková zkouška.....	57
5	Zhodnocení a Návrh.....	58
5.1	Nový měřicí systém.....	58
5.1.1	Výpočet požadované přesnosti měřidla	58
5.1.2	Návrh měřicího systému	59
5.1.3	Nabídka firmy	60
5.2	Změna odchylky odtahu	61
5.3	Návrh hodnoty odtahu	61
5.4	Návrh kontrolní tolerance	62
5.5	Návrh technické tolerance.....	63
	ZÁVĚR	64
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	65
	Seznam použitých symbolů a zkratk.....	67
	SEZNAM PŘÍLOH.....	69

ÚVOD

Hydraulické hadice jsou jednou z hlavních součástí hydraulických zařízení (lisů, zvedáků, brzd apod.), bez kterých si nelze představit strojírenskou výrobu. Hadice slouží pro dopravu kapalin o vysokých tlacích, čímž distribuují tlak v hydraulickém systému. Vyrobeny jsou povětšinou z pryže, která je zpevněna ocelovou konstrukcí, zakončeny nalisovanou koncovkou se závitem – armováním, které slouží k napojení k hydraulickému systému. Na kvalitě hydraulických hadic závisí nejen funkčnost stroje, ale mnohdy i zdraví nebo život osob. Z tohoto důvodu je kladen velký důraz na kvalitu výroby.

Jsou sledovány výrobní parametry jako pevnost drátů opletu, vlastnosti pryže, soudržnost pryže s kovem, vnitřní i vnější průměr hadice, excentricita či ovalita. Dalším velmi důležitým parametrem je tzv. „odtah“, což je velikost stoupání oplétacího drátu. Tento parametr má zásadní vliv na změnu délky hadice při jejím tlakování. Z důvodu překrytí drátu gumovou ochrannou vrstvou, není možné sledovat tento parametr v průběhu výroby. Zkoumání vlivu výrobních procesů na odchylku odtahu bylo proto pro autora velkou výzvou a zároveň možností poznat dosud neznámé vlastnosti hadic.

1 O SPOLEČNOSTI SEMPERFLEX OPTIMIT s.r.o.

Diplomová práce se zabývá vlivem výrobních procesů na vlastnosti hydraulických hadic, provozní údaje byly získány ve společnosti Semperflex Optimit s.r.o. Tato společnost vznikla, když rakouská firma Semperit A.G. koupila akciovou společnost Optimit. V následujících bodech bude stručně popsána historie obou společností.

1.1 Historie Optimit a.s. [1]

Původní zpráva o založení závodu Optimit Odry pochází z překladu kroniky Geschichte der Stadt und des Gerichtsbezirkes Odrau [2] z roku 1903.

Firma Schneck & Kohnberger, která ve Vídni provozovala výrobu gumotextilního zboží, přeložila tuto výrobu v roce 1866 do Oder, kde v centru města pronajímala budovu zrušené továrny na plátno. V roce 1871 firma koupila dosud pronajatou budovu a zakoupila první parní stroje. Továrna se proslavila na Světové výstavě ve Vídni v roce 1873, kde si vystavované výrobky získaly prvenství, což zvýšilo poptávku. [3]

Manipulace s benzínem a terpentýnem uprostřed města byla z hlediska možnosti vznícení a též po stránce zdravotní nebezpečná a škodlivá, z toho důvodu byla postavena nová budova, kam byla přesunuta celá výroba. V letech 1885-1914 se společnost rozvíjela, kupovala a stavěla nové budovy a zvyšoval se objem výroby. První světová válka ochromila dobře zavedenou výrobu v gumárně, avšak ihned po jejím skončení se opět začalo v továrně naplno pracovat. Byla zavedena výroba hadic, gumových míčů, nepromokavých plášťů, gumových punčoch a jiného pryžového zboží.

V roce 1922 byla továrna na gumové zboží firmy Schneck & Kohnberger přeměněna na akciovou společnost „Optimit, gumové a textilní závody v Odrách“. Postupně se rozšiřoval výrobní program o gumové výrobky, po kterých byla právě ve světě poptávka jako řezané gumové nitě, klínové řemeny, profilové šňůry, chirurgické zboží a plynové masky.

Během druhé světové války byl sortiment přizpůsoben vojenským požadavkům a potřebám civilní obrany. Po skončení války byl závod Optimit přičleněn jako pobočný závod k národnímu podniku Fatra Napajedla. V letech 1966-1988 byla společnost Optimit začleněna do ČZGP (Československé závody gumárenského průmyslu).

V roce 1990 byla založena a.s. Optimit se sídlem v Odrách. O rok později proběhla první vlna kuponové privatizace, společnost se začíná specializovat na výrobu hadic, a proto v roce 1996 prodává výrobu zdravotních potřeb firmě Income.

1.2 Historie Semperit AG [4]

Původ Semperitu je v císařsko-královské výsadě (patentu) činit vlněné látky pro oděvy vodotěsnými pomocí přírodního kaučuku, udělené v roce 1824 českému krejčovskému mistrovi Johannu Nepomukovi Reithofferovi. Ten brzy poté založil ve Vídni továrnu na elastické zboží z přírodního kaučuku. Od poloviny čtyřicátých let 19. století byla také v závodech Reithoffer používána vulkanizace, kterou vynalezl Charles Goodyear [5]. Toto vedlo k razantnímu zvýšení produkce a následně v roce 1850 k založení továrny Gummielastikum und Guttaperchawarenfabrik v dolnorakouském Wimpassingu (asi 70 km jižně od Vídně), v dodnes existujícím kmenovém sídle Semperitu.

V roce 1872 proběhla první internacionalizace sloučením s továrnou Harburger Gummiwarenfabrik. Nově vzniklá akciová společnost Menier-Johann Nepomuk Reithoffer AG byla největším podnikem pro zpracování kaučuku na kontinentě.

Jméno značky Semperit bylo vytvořeno před rokem 1906 podnikatelem Miskolczym. Byl vlastníkem továrny na pneumatiky, založené roku 1897 v Traiskirchenu, ze které byly sloučením s maďarskou továrnou vytvořeny závody Semperit-Gummiwerke. V roce 1912 následovalo splynutí s továrnou Österreichisch-Amerikanische Gummiwarenfabrik AG.

Konec 1. světové války znamenal sice rozpad velkého hospodářského prostoru rakouské monarchie, současně ale na základě nedostatkové situace vznikla obrovská poptávka po výrobcích z gumy. V roce 1923 se společnost rozdělila a vznikl koncern Semperit, který kromě závodu ve Wimpassingu disponoval dalšími 8 továrnami v Rakousku i továrnami v Maďarsku, Československu, Chorvatsku, Slovinsku a Polsku.

Po skončení 2. světové války zůstaly z velkého koncernu Semperit pouze tři válkou poškozené závody. Byly zabaveny sovětskou okupační mocností a veškeré stroje – celkově 640 naložených vagonů – byly odvezeny. Po navrácení prázdných hal se koncem roku 1945 rozběhla opětová výroba pod státní správou a s asi 600 pracovníky. I přes veškeré ztráty strojů šla výroba plynule nahoru. V roce 1947 byla do společnosti začleněna továrna na technické gumové výrobky v Deggendorfu, což bylo počátkem přeorientace Semperitu na západní trhy. V roce 1948 Semperit zaměstnával 4200 lidí a vyrobil 8000 tun pneumatik a technických produktů. V 50. letech Semperit expandoval a kromě gumového zboží byla zahájena výroba umělých hmot. Vnikly nové dceřiné společnosti (ve Velké Británii, Švýcarsku a Spolkové republice Německo) a nové výrobky (podrážky z polyuretanu a pěny, fólie z umělé hmoty, první sněhové pneumatiky).

V letech 1960-1975 růst obrátu dosahoval 10% a podíl exportu vzrostl z 22% na 50%, začalo se obchodovat s akcemi na německé burze, bylo založeno vývojové středisko, nové továrny na pneumatiky a na protektorování plášťů. V portfoliu výrobků přibývalo spotřební a sportovní zboží, podlahové krytiny a hadice, avšak v centru zájmu byla výroba pneumatik. V roce 1973 bylo v celkem 17 závodech vyrobeno 7 miliónů pneumatik pro motorová vozidla a 5 miliónů pro jízdní kola a mopedy. V téže roce došlo ke spojení se společností Kleber, čímž vznikla společnost Semkler AG. Spolupráce však netrvala dlouho, protože v roce 1975 došlo vlivem krize k nárůstu cen materiálů a k 40% poklesu poptávky po pneumatikách, což způsobilo rozdělení nově vzniklého koncernu.

Opět samostatný Semperit vyráběl kromě pneumatik víc než 60 000 druhů zboží, i přesto se však propadl do červených čísel. To vedlo společnost ke jmenování nového představenstva, které snížilo počet zaměstnanců o 1/3 a stanovilo novou strategii. Obor pneumatik byl ve srovnání s konkurenty příliš malý, a proto tato divize byla prodána společnosti Continental AG a společnost Semperit se začala plně věnovat pěti hlavním oborům: medicínská technika (operační rukavice), dopravní technika, poháněcí technika (klínové řemeny), hadicová a průmyslová technika. V následujících letech proto v souladu s konceptem došlo k uzavření nebo prodeji některých výrobních linek. V roce 1986, kdy strukturální změny byly ukončeny, společnost zaměstnávala pouze 2800 pracovníků, ale dostala se zpět do černých čísel, čemuž pomohlo hlavně vybudování centra výzkumu a vývoje, zavedení elektronického zpracování dat a techniky počítačové podpory (CAD, CAM, FEM).

Na začátku 90. let začala expanze na asijský trh. V Thajsku byla postavena továrna na výrobu latexových rukavic, která je v současnosti největší v tomto odvětví na světě a vyrábí 4 mld. kusů vyšetřovacích rukavic. Podíl exportu činil 80% a společnost, po prodeji ztrátové divize klínových řemenů, dosahovala lepších hospodářských výsledků.

Expanze pokračovala vybudováním závodu na výrobu hydraulických hadic v Thajsku a držadel po jízdné schody v Šanghaji.

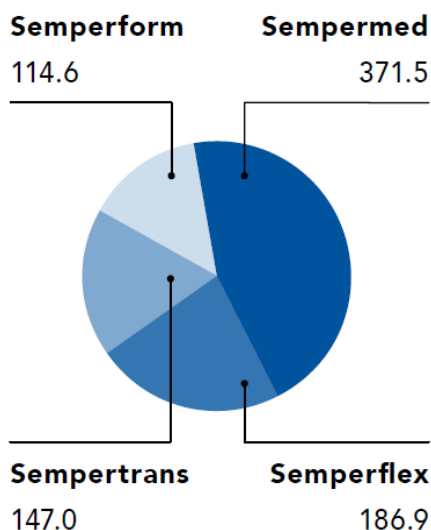
Semperit dnes zaměstnává 4500 pracovníků a jeho akcie vystoupily od roku 1994 na osminásobek. Koncentrace na podstatnou činnost, řízení nákladů a uznávaně vysoká úroveň jakosti dnes činí ze společnosti Semperit AG jednoho z hlavních hráčů na světovém trhu.

1.3 Fúze obou společností

V roce 1998 společnost Semperit AG koupila český závod Optimit a.s., který začlenila do své struktury – do divize hydraulických hadic Semperflex. Z důvodu silného povědomí o značce Optimit bylo jméno značky zachováno a vznikla nová společnost Semperflex Optimit s.r.o. Pro společnost Semperit AG to byla největší akvizice v divizi hadic Semperflex.

1.4 Současnost společnosti Semperit AG [6]

V roce 2011 společnost Semperit AG dosáhla ročního obrátu 820 mil. EUR a čistý zisk po zdanění činil 54 mil. EUR. Na tomto hospodářském výsledku se podílejí čtyři odchodní divize (Obr. 1.1):



Obr. 1.1 Příjem jednotlivých divizí v mil. EUR [6].

1.4.1 Sempermed

Největší divizí je Sempermed, která se podílí 45% na obrátu celé skupiny Semperit. Tato divize vyvíjí, vyrábí a distribuuje chirurgické, ošetřovatelské a ochranné rukavice. Ve svém oboru patří mezi lídry na světovém trhu. Ve dvou výrobních závodech v Thajsku a jednom v Rakousku bylo v roce 2011 vyrobeno 11,4 mld. párů rukavic. Cílem pro rok 2015 je zvýšit objem výroby až na 21 mld. párů, čemuž má napomoci další nově postavený závod v Thajsku.

1.4.2 Sempertrans

Divize Sempertrans je předním výrobcem dopravních systémů (Obr. 1.2), především dopravních pásů z ocelových lan, textilních pásových dopravníků a konstrukcí pro těžební průmysl. S ročním obrátem 147 mil. EUR se podílí 17,9% na celkovém obrátu skupiny

Semperit a je její třetí největší částí. V roce 2011 tato divize vyprodukovala 36 000 tun dopravních systémů, což z ní činí čtvrtého největšího výrobce na světě.



Obr. 1.2 Pásky pro dopravníky vyráběné divizí Sempertrans [6].

1.4.3 Semperform

Divize Semperform je předním evropským výrobcem tvarovaných a vytlačovaných výrobků z pryže a umělých hmot. S ročními příjmy 114,6 mil. EUR je nejmenší ve skupině Semperit. V portfoliu výrobků této divize jsou profily pro plastová okna, gumová madla eskalátorů, gumová těsnění nebo speciální fólie (Obr. 1.3) používané u moderních konstrukcí lyží.

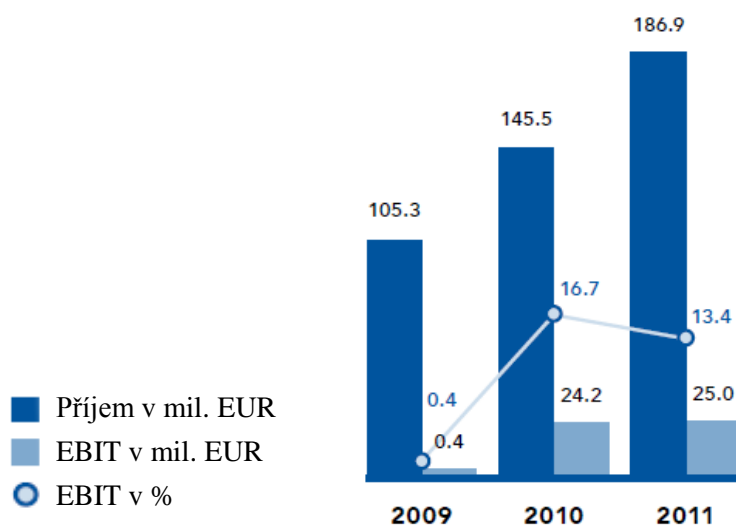


Obr. 1.3 Pryžová fólie jako jedna z vrstev moderních lyží vyráběná divizí Semperform [6].

1.4.4 Semperflex

Výrobce hadic Semperflex je druhou největší divizí ve skupině Semperit, roční příjem strmě roste a v roce 2011 dosáhl 186,9 mil. EUR. S ročním nárůstem příjmů o 28,5% se jedná o nejdynamičtěji se rozvíjející divize skupiny. Graf příjmů spolu se ziskem před úroky a zdaněním (Earnings Before Interest and Taxes - EBIT) za poslední tři roky je na Obr. 1.4.

Divize má výrobní závody v České republice, Itálii, Rakousku, Číně a Thajsku. V nejbližších letech se očekává růst poptávky po výrobcích divize Semperflex v Asii a na jihoamerickém trhu, především v Brazílii. Cílem pro následující léta je proto zvýšení prodeje hadic a umocnění pozice na evropském a světovém trhu.



Obr. 1.4 Příjmy a zisk divize Semperflex [6].

Divize Semperflex je rozdělena na dvě obchodní oblasti:

Průmyslové hadice

Patří mezi ně hadice pro potraviny, abrazivní látky, oleje, benzíny, páru, chemikálie, průmyslovou vodu, vzduch a hadice pro dopravní prostředky (chladičové, brzdové hadice) (Obr. 1.5).



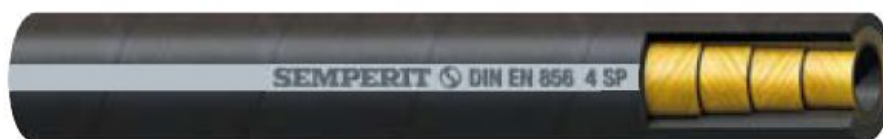
Obr. 1.5 Výrobky divize průmyslových hadic [6].

Hydraulické hadice

Divize hydraulických hadic Semperflex vyvíjí a vyrábí hydraulické hadice, které jsou prodávány na celém světě. Součástí této divize jsou výrobní závody v Rakousku, České republice, Thajsku a Číně. Výrobní program zahrnuje kromě standardizovaných typů hadic především kompaktní hadice s nadstandardními hodnotami výkonu pro nejmodernější použití vysoce výkonné hydrauliky nebo spirálové hadice pro extrémní zatížení tlakem nebo teplotami. V nabídce jsou rovněž hydraulické koncovky a armované komplety.

Hydraulické hadice jsou určeny pro hydraulické kapaliny na bázi minerálních a syntetických olejů, pro emulze oleje ve vodě a roztoky voda/glykol, pro maziva na rostlinné a minerální bázi. Hadice dosahují maximálních hodnot dynamického pracovního

tlaku až 500 bar, v případě stlačeného vzduchu jsou hydraulické hadice vhodné pro tlak max. 50 bar a teplotu 80° C.

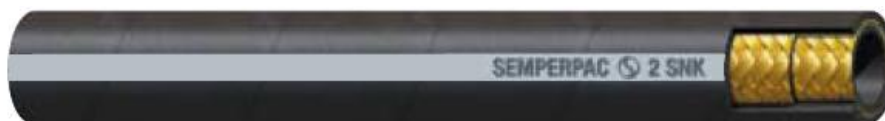


Obr. 1.6 Spirálová hadice DIN EN 856 4 SP [7].

Výrobní podnik v Odrách se specializuje na oplétané hadice, spirálové hadice (viz Obr. 1.6) jsou vyráběny v rakouském závodě ve Wimpassingu, a proto veškerá měření pro tuto diplomovou práci budou prováděna právě na oplétaných hadicích. Z více než 40 druhů hadic vyráběných v oderském závodě byly vybrány tři typy:

- 1SNK ø 6 mm,
- 2SNK ø 10 mm,
- 2SNK ø 12 mm.

Dvouopletová hadice Semperpac 2 SNK, na které byly prováděny zkoušky je znázorněna na Obr. 1.7.



Obr. 1.7 Hadice Semperpac 2 SNK, na které byly prováděny zkoušky [7].

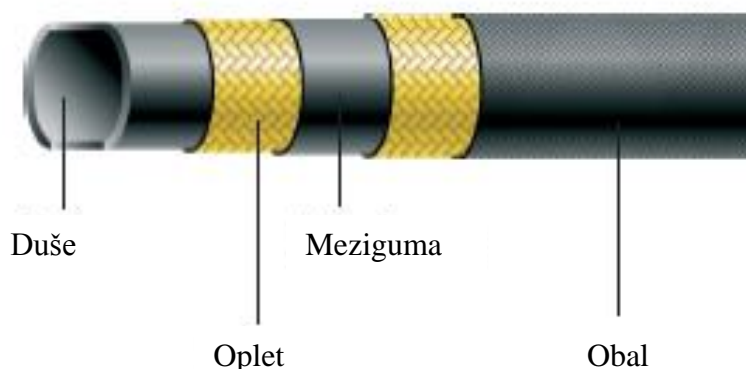
Hadice 2SNK jsou vyráběny v průměrech od 6 do 32 mm, mají duši z olejivzdorné syntetické pryže, výztuž tvoří dva oplety vysokopevnostním drátem, obal je také vyroben ze syntetické pryže, která je však odolná proti oděru, ozónu a povětrnostním vlivům. Hadice je vhodná pro aplikaci v teplotním rozsahu -40°C až +100°C, krátkodobě může pracovat i v prostředí s teplotou +120°C. Byla testována dynamickou zkouškou až do 1 milionu cyklů. V Tab. 1.1 jsou uvedeny technické parametry hadice 2SNK dle normy EN 853:1996 [8].

Tab. 1.1 Technická specifikace hadice 2SNK [7].

Nominální ø	Vnitřní ø	Oplet ø	Vnější ø	Pracovní tlak	Zkušební tlak	Poruchový tlak	Poloměr ohybu	Hmotnost
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[bar]	[bar]	[bar]	[mm]	[kg/m]
6	6,4	11,1	13,4	450	1080	1800	45	0,29
8	7,9	12,7	15,0	420	1000	1680	60	0,34
10	9,5	15,1	17,4	385	925	1540	70	0,44
12	12,7	18,3	20,6	345	830	1380	90	0,54
16	15,9	21,4	23,7	290	695	1160	130	0,63
19	19,0	25,4	27,7	280	670	1120	160	0,84
25	25,4	33,3	35,6	200	480	800	210	1,14
32	31,8	40,5	43,5	175	420	700	300	1,52

2 PROCES VÝROBY HYDRAULICKÝCH HADIC

Hydraulické hadice (HH) se vyrábějí tzv. trnovou technologií. Konkrétně v případě společnosti Semperflex se používají polypropylenové nebo polyamidové trny, které slouží jako základ, na kterém se dál buduje hadice. Trny zabraňují zborcení hadice vlivem velkých tlaků působících během oplétání a díky tepelné roztažnosti umožňují vulkanizaci (viz kapitola 2.5.2). Bezprostředně na trn je vytlačována duše - gumová vrstva, která přichází do styku s pracovní kapalinou. Další vrstvu, popř. více vrstev oddělených mezigumou, tvoří opleť, který je hlavním elementem odolávajícím působení tlaku, a který je chráněn poslední vrstvou gumy – obalem. Všechny vrstvy jsou zobrazeny na Obr. 2.1.



Obr. 2.1 Jednotlivé vrstvy hydraulické hadice [7].

2.1 Trn

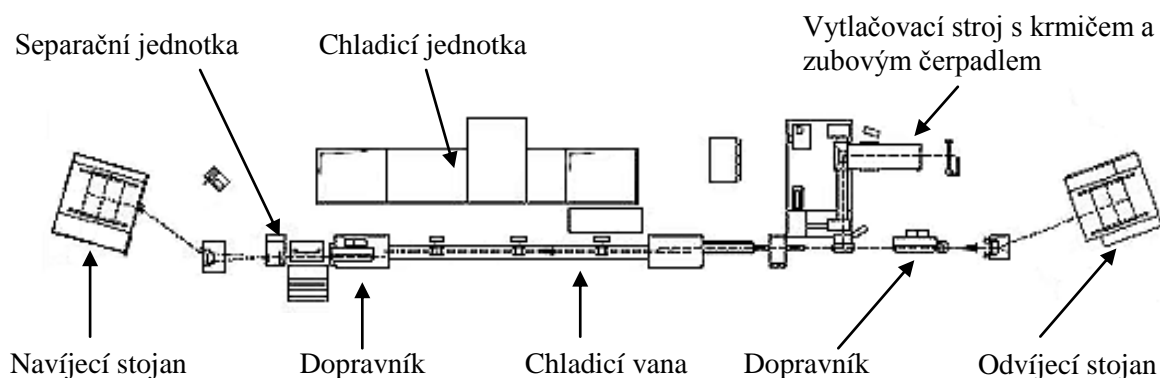
Pro výrobu trnů se používají různé materiály. Trny pro spirálové hadice jsou vyrobeny z oceli, avšak aby bylo možné navíjet oplétané hadice na přepravní bubny, používají se elastické plastové trny, a to buď polypropylenové (PP) nebo polyamidové (PA). Polyamid ve srovnání s PP je dražší, a proto se používá pouze pro výrobu trnů větších průměrů (25 mm a více), kde z důvodu nižší pružnosti použití PP není možné. Trny mají životnost několik výrobních cyklů, před každým cyklem jsou důkladně kontrolovány a jsou-li mechanicky poškozeny, nebo pokud jejich průměr neodpovídá předepsaným hodnotám, jsou nevyhovující úseky vyřezány a zbylé části svařeny. Z ekonomických a ekologických důvodů je zavedena recyklace, použité trny jsou drcené, vzniklá drť se prodává nebo je v jistém poměru přimíchávána k nové a opět použita pro další výrobu trnů.

Trny jsou základním elementem, na kterém se staví hadice, proto je při jejich výrobě vyžadováno dodržení velmi vysoké přesnosti, hlavně u průměru a ovality.

2.2 Výroba duši

Duše je gumová vrstva, která přichází do styku s pracovní kapalinou, a proto pro její výrobu musí být použita speciální směs, olejivzdorná syntetická pryž.

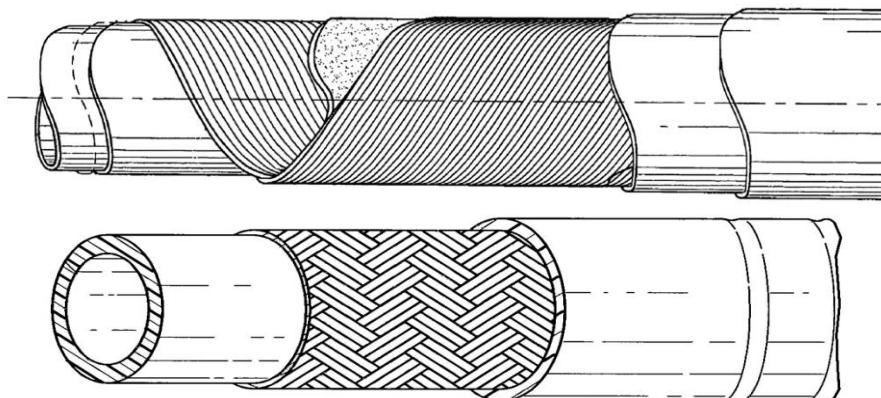
Směs je podávána do zásobníku („krmiče“), odkud pomocí zubového čerpadla je vytlačována na povrch trnu do profilu požadované tloušťky (viz Obr. 2.2). Stěžejním parametrem je teplota vytlačování, která se liší v závislosti na druhu vytlačované směsi. V případě příliš vysoké teploty by mohlo dojít k napálení směsi, tedy k nežádoucí částečné vulkanizaci. Ihned po vytlačení je duše ochlazována ve vodní lázni a následně separována, aby se na přepravním bubnu jednotlivé vrstvy neslepily.



Obr. 2.2 Linka vytlačování duší [9].

2.3 Oplet [10]

Hadice, které jsou vystaveny působení zvýšeného tlaku, jsou vyztuženy zpevňovacím materiálem. V závislosti na velikosti působícího tlaku je používáno přírodní vlákno, vlasec nebo v případě hydraulických hadic ocelový drát. Hadice může být zpevňovacím materiálem ovinuta nebo opletena. V případě ovinu nedochází ke křížení zpevňovacího materiálu v jedné vrstvě, u opletu ke křížení dochází (viz Obr. 2.3).

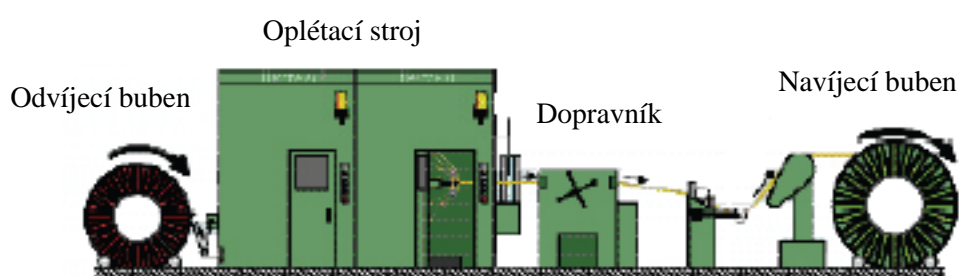


Obr. 2.3 Ovin (nahore) a oplet (dole) na hadici. [11, 12]

K výrobě opletu dochází na lince oplétání (Obr. 2.5). Duše s trnem je odvíjena z přepravního bubnu a ochlazována dusíkem, aby se zpevnila a nedocházelo k jejímu přerušování drátem nebo k hrnutí (viz Obr. 2.4). Následuje oplétání rotujícími cívkami (viz kapitola 2.3.3). Pokud je oplétáno více vrstvami drátu, přidává se mezi tyto vrstvy tenkou gumovou fólií (mezigumu). Odvíjení duše a její pohyb skrz oplétací stroj zajišťuje dopravník (poháněč, odtahový transportér). Za dopravníkem je automaticky kontrolován průměr opletené hadice a ta je následně navíjena na přepravní buben.



Obr. 2.4 Hrč – hrnutí nedostatečně ochlazené duše během procesu oplétání.



Obr. 2.5 Linka oplétání [13].

Pro přípravu drátu na cívky a výrobu mezigumy slouží dvě pomocné linky.

2.3.1 Výroba mezigumy

Meziguma (MZG) je tenká pryžové fólie, která se vkládá mezi dvě drátové vrstvy hadice při oplétání na oplétacích linkách za účelem zamezení pohybu drátů vůči sobě. K její výrobě slouží linka, která se skládá ze dvou základních jednotek - samostatného ohřívacího dvouválce (kalandru) a tříválce. Na kalandru je pryžová směs předeřhřívána a případně je k ní přimícháván odpad (např. MZG nesplňující výrobní tolerance, odřezky z výroby MZG). Tříválec slouží k válcování směsi na fólii předepsané tloušťky, která je následně separována a řezána na pásy požadované šířky. Hotová meziguma (Obr. 2.6) je navíjena na dřevěná případně plastová jádra v určené výrobní délce.



Obr. 2.6 Svitek mezigumy.

2.3.2 Cívkování

Linka cívkování slouží pro převíjení a zároveň sdružování drátů.

Převíjení je proces, kdy dráty doručené výrobcem na univerzálních přepravních cívkách jsou převíjeny na cívky, kterými je možné osadit oplétací stroje (Obr. 2.7).

Sdružování znamená, že dráty z několika jednotlivých univerzálních cívek jsou při cívkování sdružovány do jednoho svazku. Počet sdružených drátů ve svazku se liší dle požadavku oplétání resp. dle typu a průměru hadice.

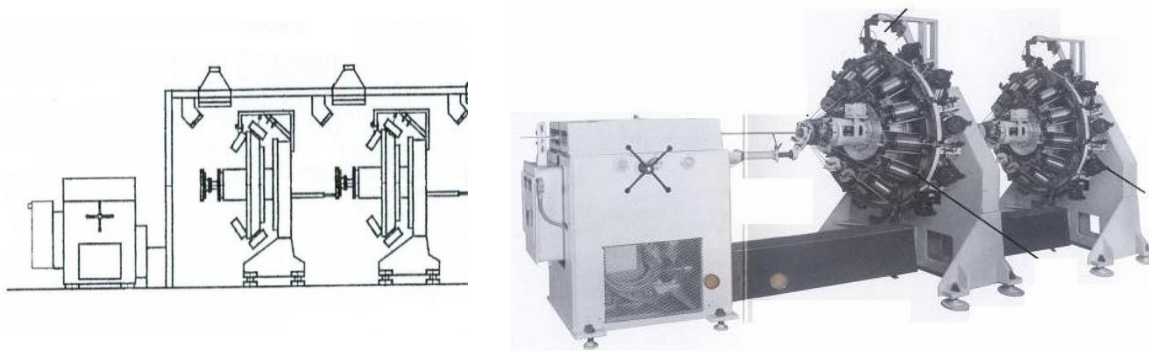


Obr. 2.7 Drát navinutý na cívkách.

2.3.3 Systém oplétání

Ve společnosti Semperflex Optimit je víc než 40 oplétacích strojů dvou různých výrobců, které oplétají dvěma odlišnými způsoby:

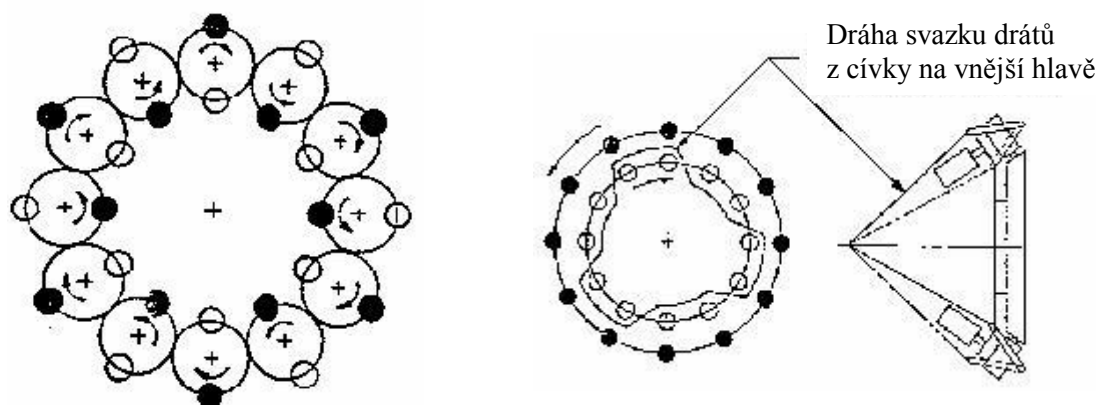
- Mayer braiding system,
- Magnatech rotary braiding system (Obr. 2.8).



Obr. 2.8 Schéma a fotografie oplétacího stroje Magnatech [10].

Rozdíl mezi jednotlivými systémy je v tom, že stroj Mayer má jednu hlavu osazenou rotujícími čelistmi, na kterých jsou upevněny vždy po dvě cívky. Každá sousední čelist

rotuje v opačném směru a předává si tyto cívky (Obr. 2.9 vlevo). Naproti tomu stroje Magnatech mají dvě rotující hlavy otáčející se opačným směrem, které jsou osazené cívkami. Ke vzniku opletu slouží patentované rameno, které přetahuje drátky z cívek vnější hlavy dovnitř a ven, vždy po otočení hlavy o vzdálenost dvou cívek (Obr. 2.9 vpravo).



Obr. 2.9 Schéma oplétání strojem Mayer (vlevo) a Magnatech (vpravo) [10,14].

Navzdory odlišné technologii oplétání je výsledný oplet naprosto stejný. Porovnání vlastností obou systému je v Tab. 2.1.

Tab. 2.1 Porovnání typů oplétacích strojů.

	Magnatech	Mayer
Klady	<ul style="list-style-type: none"> + větší délka drátu na cívkách + kontinuální nastavení velikosti stoupání + větší rychlost (až dvojnásobně) + až 3 hlavy – tříopleťová hadice 	<ul style="list-style-type: none"> + menší množství přetrhů drátu
Zápory	<ul style="list-style-type: none"> - větší vibrace 	<ul style="list-style-type: none"> - není detekce konce drátu na cívkách - změna stoupání změnou převodu - max. 2 hlavy

2.4 Obal

Obal je gumová vrstva, která z vnější strany překrývá oplet a zároveň plní ochrannou funkci. Hadice jsou vystaveny působení ozónu a jiných plynů, často musí odolávat zvýšené mechanické zátěži. Aby hadice mohla odolávat pracovnímu prostředí, je vyrobená z jiné směsi než duše.

Výrobní proces probíhá na lince vytlačování obalu (Obr. 2.10) a je obdobný jako proces vytlačování duše (viz kapitola 2.2).



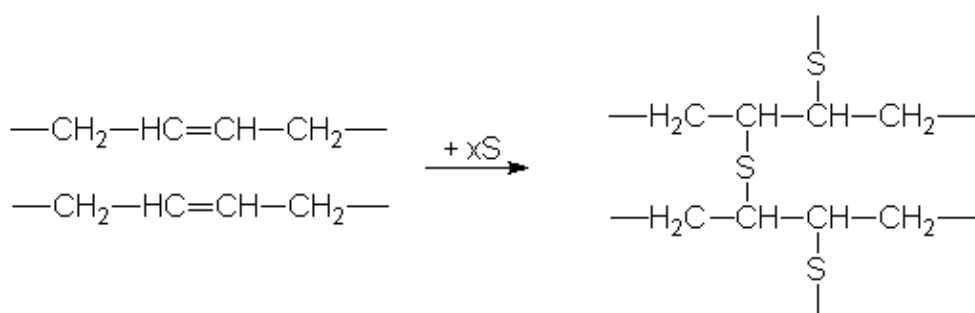
Obr. 2.10 Linka vytlačování obalu [13].

2.5 Vulkanizace

Duše a obal jsou vyrobeny z pryže, která je směsí přírodního a syntetického kaučuku, plniv, vulkanizačních činidel, urychlovačů vulkanizace, retardérů, pigmentů, změkčovadel a dalších přísad, a která se získává vulkanizací. [15]

V gumárenském průmyslu se většinou jako přírodní kaučuk používá latex z plantáží stromů *Hevea brasiliensis*. Největšími výrobci přírodního kaučuku jsou nyní Thajsko, Indonésie a Malajsie. [16]

Vulkanizace je fyzikálně-chemický proces, při kterém vlivem teploty, tlaku a vulkanizačních činidel dochází ke strukturálním změnám kaučukové směsi (Obr. 2.11). Lineární makromolekulární struktura se mění na prostorovou. Tato změna se nazývá zesíťování.

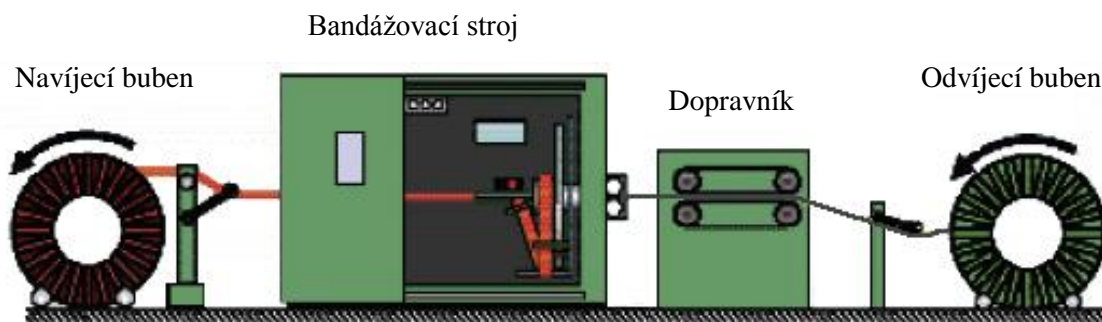


Obr. 2.11 Zesíťování elastomeru (kaučuku) [17].

Hlavním důvodem, proč se kaučuk vulkanizuje je cílená změna jeho mechanických, fyzikálních a chemických vlastností. Zvyšuje se pevnost v tahu, strukturní pevnost, odolnost vůči oděru, ale zároveň se sníží tažnost. Zvulkanizovaný kaučuk je odolnější vůči organickým rozpouštědlům a zachovává si ohebnost i tuhost ve značném teplotním rozsahu. [18]

2.5.1 Bandážování

Před vulkanizací je hadice obalována polyamidovou páskou (bandáží), která vyvozuje potřebný tlak na hadici během vulkanizace (viz kapitola 2.5.2). Zařízení pro ovíjení pracuje tzv. koncentrickým způsobem. Hadice při bandážování a debandážování prochází danou rychlostí středem tzv. jádra, na kterém je páska navinuta (Obr. 2.12). Z jádra se bandáž odvíjí a omotává se spirálovitě na procházející hadici.



Obr. 2.12 Linka bandážování [13].

Během procesu bandážování se mezi povrch hadice a bandáž zavede značící páska, na které je uveden zákazníkem požadovaný text (typ hadice, max. pracovní tlak, apod.). Značící páska může být ražená nebo barevná tištěná (Obr. 2.13).



Obr. 2.13 Hadice s označením raženou (vlevo) a tištěnou (vpravo) páskou.

2.5.2 Průběh vulkanizace

Hadice jsou vulkanizovány v kotli, kde jako vulkanizační prostředí se používá nasycená vodní pára, protože zabezpečuje vysoký koeficient přestupu tepla, nemá nepříznivý vliv na kaučuk a změnou tlaku lze snadno regulovat teplotu.

Základní technologické faktory ovlivňující proces vulkanizace jsou: [19]

- povaha prostředí,
- teplota vulkanizace,
- doba vulkanizace,
- tlak na povrch vulkanizovaného výrobku,
- podmínky ohřevu.

Vulkanizace hydraulických hadic se skládá z pěti cyklů (Obr. 2.14):

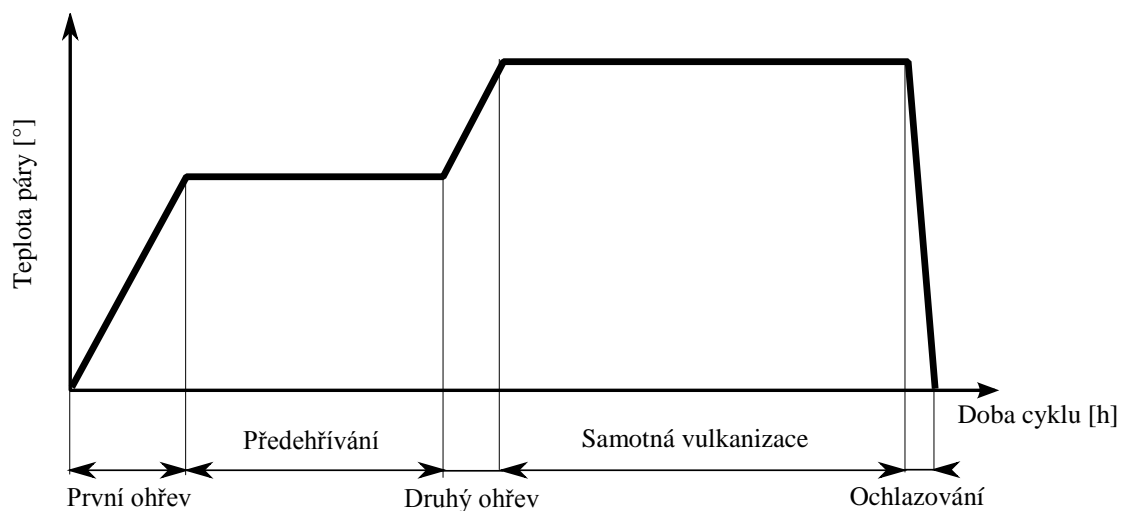
první ohřev: nárůst teploty a tlaku napouštěním vodní páry až po dosažení teploty určené pro předehřívání,

předehřívání: udržování předepsané teploty po určitou dobu,

druhý ohřev: nárůst teploty a tlaku dodatečným připouštěním vodní páry až po dosažení předepsané vulkanizační teploty,

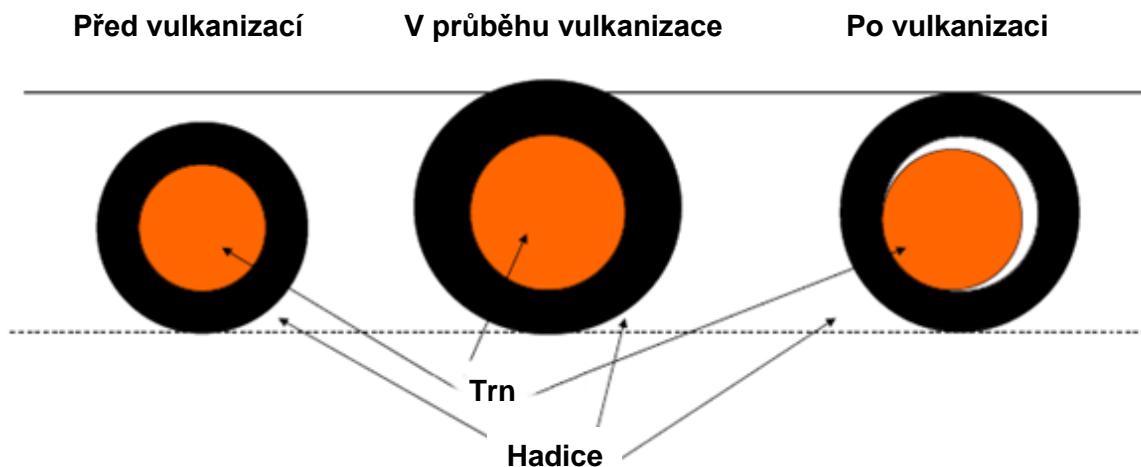
samotná vulkanizace: udržování předepsané vulkanizační teploty po určitou dobu,

ochlazování: chlazení ve vodní lázni.



Obr. 2.14 Průběh vulkanizace.

Vlivem vysoké teploty v průběhu vulkanizace dochází k tepelnému rozšíření trnu (Obr. 2.15), což způsobuje zvětšení jeho průměru a přetlačení duše přes oplétací drát (Obr. 2.16). Po skončení vulkanizace a po ochlazení hadice se velikost průměru trnu opět vrací na původní hodnotu, zatímco zvulkanizovaná dušová směs již svůj rozměr nezmění. Tento jev způsobí vznik mezery mezi duší a trnem a umožňuje následné vytlačení trnu z hadice.



Obr. 2.15 Vliv tepelné roztažnosti trnu během procesu vulkanizace.



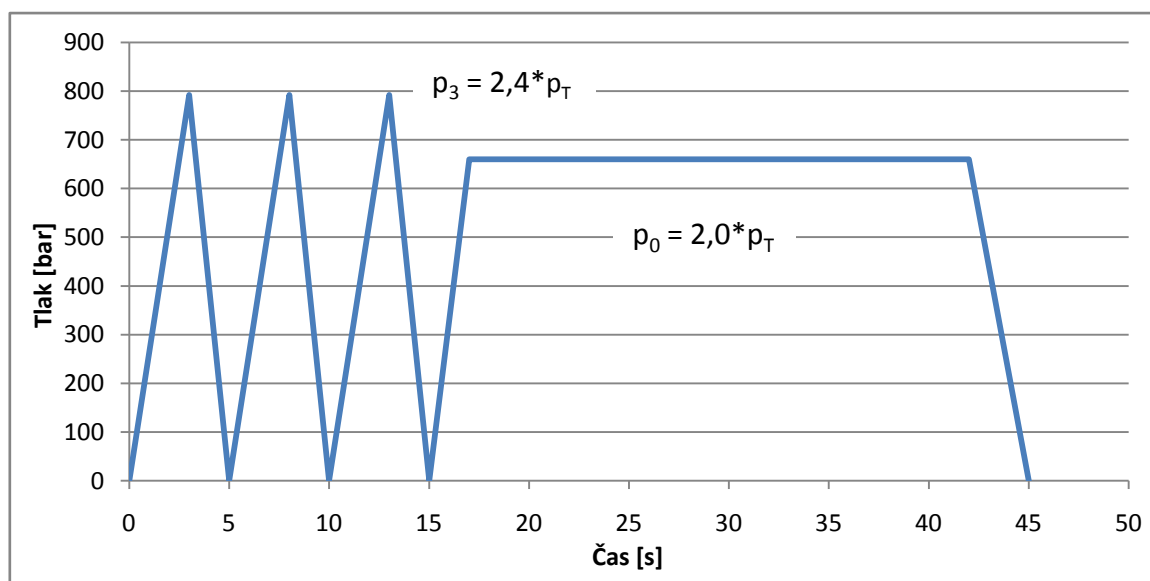
Obr. 2.16 Pryž, která během vulkanizace byla přetlačena přes oplétací drát.

2.5.3 Debandážování

Po vulkanizaci se bandáž z hadice odstraňuje stejným způsobem jako u bandážování, hadice však prochází strojem opačným směrem. Bandáž se z hadice odvíjí a přes soustavu ukládacích prvků se navíjí na jádro. Bandáž je tak znovu připravena k opakovanému použití.

2.6 Zkušební stanice

Linka zkoušení hadic slouží kromě tlakové kontroly také pro vytlačování plastových trnů z hydraulických hadic. Tento děj je možný díky tepelné roztažnosti trnu (viz kapitola 2.5.2). Do hadice (mezery mezi duší a trnem) je natlakována voda, která vyvíjí tlak na čelo trnu, což způsobuje jeho vytlačení z hadice. Po tomto procesu je hadice třikrát odzkoušena maximálním zkušebním tlakem, který má hodnotu 2,4násobku pracovního tlaku a následně zatížena statickým tlakem v hodnotě dvojnásobku pracovního tlaku po dobu 25 sekund. Průběh této zkoušky je znázorněn na grafu na Obr. 2.17. Místa, ve kterých dojde k poškození, a také vady vzniklé během předchozích procesů jsou pracovníky zkušební stanice vyřezány. Odzkoušené hadice jsou navíjeny na přepravní buben a připraveny na závěrečnou kontrolu na lince konečné úpravy. Vytlačené trny jsou rovněž navíjeny na přepravní buben a následně na lince svařování přezkoušeny a připraveny na další použití.



Obr. 2.17 Graf průběhu tlakové zkoušky - závislost tlaku na čase.

2.7 Kontrola a stáčení hadic

Linka konečné úpravy slouží ke kontrole rozměrů hadic - vnitřního i vnějšího průměru, ovality a excentricity, vizuální kontrole povrchu, vyřezávání zmetků a označených vad, měření délky a stáčení hadic do svitků zákazníkem požadované délky, případně k jejich zabalení.

3 MĚŘENÍ ODTAHU

Na vlastnosti oplétaných hadic mají významný vliv různé parametry, avšak v této diplomové práci bude věnována pozornost především velikosti tzv. „odtahu“.

3.1 Odtah

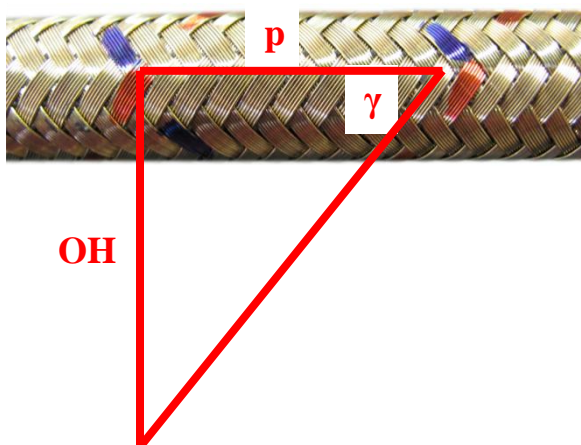
Pojmem odtah je označována hodnota, o jakou je vzdálen jeden drátek po ovinutí hadice o 360° (viz Obr. 3.1). Ve strojírenství se tato geometrická hodnota nazývá stoupání, avšak v podnikové terminologii je používán termín odtah, a proto i v diplomové práci bude využíván tento pojem. Odtah je klíčovým parametrem nejen u hydraulických, ale u všech oplétaných a ovíjených hadic, protože má hlavní vliv na zkracování popř. prodlužování hadice během tlakování. Velikost odtahu je funkcí průměru hadice a úhlu oplétání γ (Obr. 3.2).



Obr. 3.1 Velikost odtahu [20].

3.2 Geometrie oplétání

Úhel γ , kterému u závitů odpovídá úhel stoupání, se nazývá úhel oplétání.



p [mm]	odtah,
γ [°]	úhel oplevání,
OH [mm]	obvod oplevané hadice.

Obr. 3.2 Geometrie oplétání.

3.2.1 Neutrální úhel a jeho odvození [21]

Optimální hodnota úhlu oplétání γ je přesně stanovena (je přibližně $54,74^\circ$) a vychází z rovnováhy napětí působícího na jednotkový element.

Pro odvození neutrálního úhlu u opletu hydraulických hadic je možné si představit hadici uzavřenou na obou koncích, která má průměr r a tloušťku stěny b . Vnitřní tlak p vyvolává axiální normálové napětí (σ_z) a obvodové normálové napětí (σ_θ) ve stěnách hadice (Obr. 3.3 a 3.4).

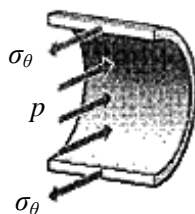


Obr. 3.3 Axiální složky normálového napětí v uzavřené hadici [21].

Axiální napětí je reakcí na působící tlak a proto platí, že tlak vynásobený plochou řezu hadice je rovný síle působící ve stěně hadice, která vyvolává napětí σ_z . Za předpokladu, že $r \gg b$ proto zároveň platí:

$$p(\pi r^2) = F = \sigma_z(2\pi r)b \quad (3.1)$$

$$\sigma_z = \frac{pr}{2b} \quad (3.2)$$



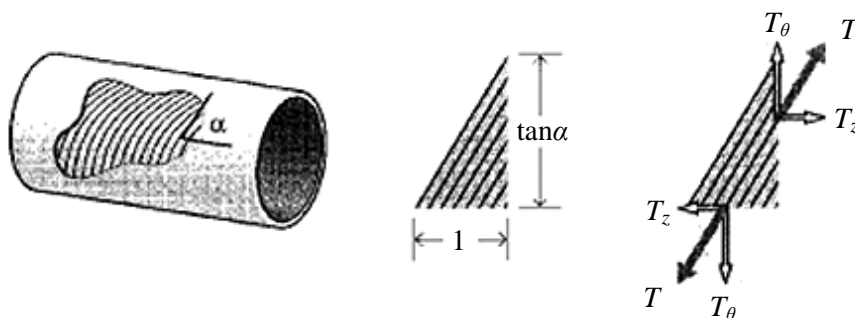
Obr. 3.4 Obvodové složky normálového napětí v uzavřené hadici [21].

Analogicky pro obvodové napětí platí, že tlak vynásobený plochou řezu rovnoběžnou s osou hadice je rovný napětí ve stěnách hadice:

$$p(2r \cdot 1) = F = 2\sigma_\theta(b \cdot 1) \quad (3.3)$$

$$\sigma_\theta = \frac{pr}{b} \quad (3.4)$$

Ze vzorců 3.2 a 3.4 je vidět, že obvodové napětí je dvojnásobně větší než axiální napětí. Tento jev je využíván u anizotropních materiálů, které vhodnou orientací dokážou odolávat větším tlakům než konvenční izotropní materiály.



Obr. 3.5 Síly působící na oplétací drát [21].

Na Obr. 3.5 je hadice ovitá drátem, který s rovinou řezu rovnoběžnou s osou hadice svírá úhel α . Provede-li se úplné uvolnění elementu o jednotkové šířce a s n počtem drátů, výška elementu bude rovná $\tan \alpha$. Pro zachování rovnovážného stavu musí platit:

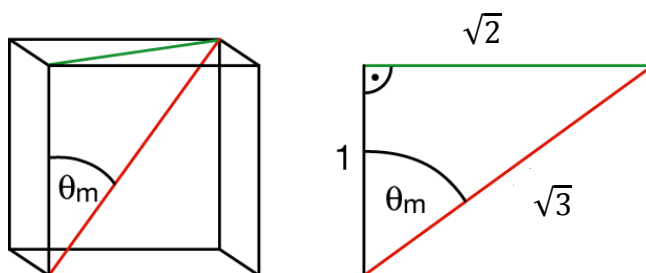
$$\text{po obvodu: } nT \sin \alpha = \frac{pr}{b} (1)(b), \quad (3.5)$$

$$\text{axiálně: } nT \cos \alpha = \frac{pr}{2b} (\tan \alpha)(b). \quad (3.6)$$

Vydělením vzorců 3.5 a 3.6 a následnou úpravou se získá:

$$\tan^2 \alpha = 2 \quad \alpha \cong 54,7^\circ \quad (3.7)$$

Hodnotu $54,7^\circ$ má rovněž úhel mezi tělesovou úhlopříčkou krychle a její hranou (Obr. 3.6). Takto definovaný úhel se nazývá „magický úhel“ (ang. magic angle) a objevuje se nejen v geometrii opletu hadic, ale také v mnoha jiných souvislostech.

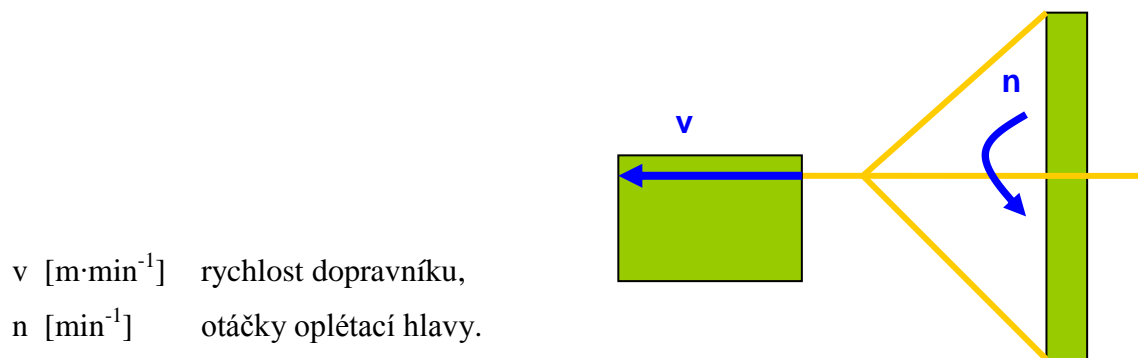
Obr. 3.6 Magický úhel θ_m mezi tělesovou úhlopříčkou jednotkové krychle a její hranou.

Matematická definice tohoto úhlu je:

$$\theta_m = \arccos \frac{1}{\sqrt{3}} = \arctan \sqrt{2} \approx 54,7^\circ \quad (3.8)$$

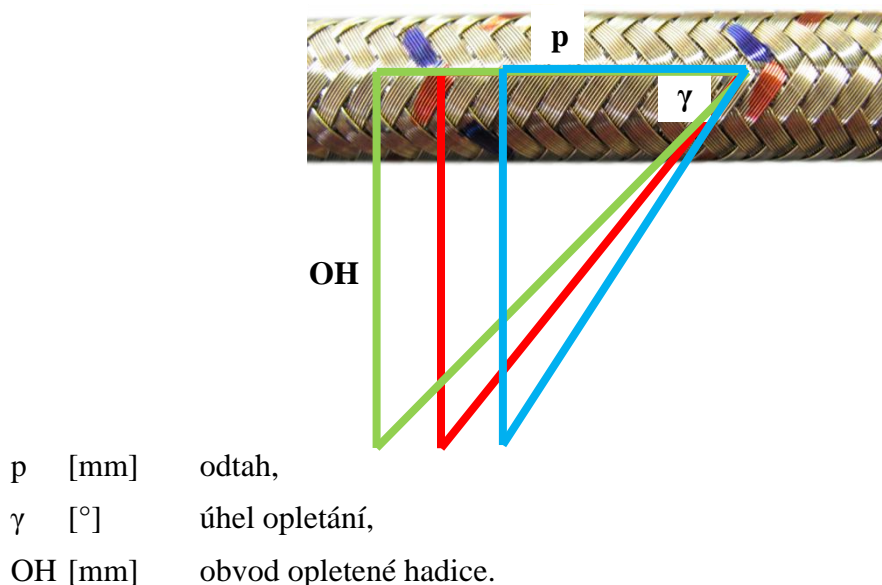
3.2.2 Vliv odchylky od neutrálního úhlu

Zachování neutrálního úhlu je klíčové pro životnost hadice. Každá odchylka úhlu oplétání způsobuje změnu velikosti odtahu, což má za následek prodlužování nebo zkracování hadice a vede ke zmenšení počtu pracovních cyklů.



Obr. 3.7 Schéma oplétacího stroje.

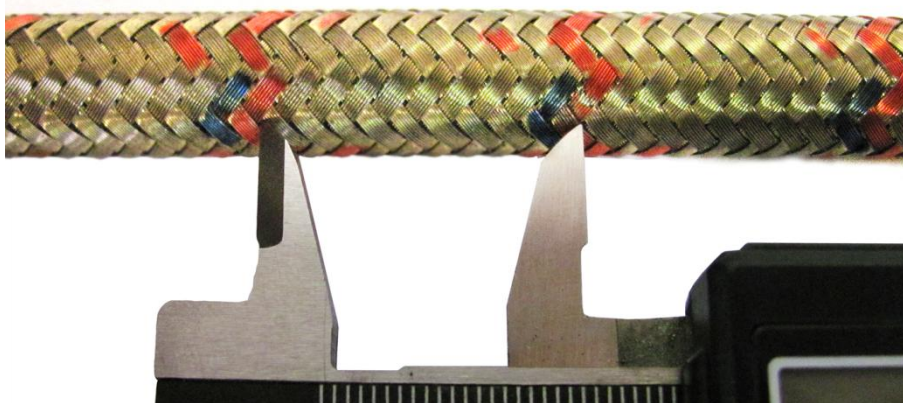
Pro zachování neutrálního úhlu je nutné, aby na jednu otáčku oplétací hlavy dopravník urazil vzdálenost rovnou velikosti odtahu (Obr. 3.7). Při zvýšení otáček hlavy a zachování rychlosti dopravníku (nebo při konstantních otáčkách a snížení rychlosti) dojde ke zvětšení úhlu oplétání, na Obr. 3.8 znázorněno modrým trojúhelníkem. Pokud naopak budou sníženy otáčky hlavy při stejné rychlosti dopravníku (nebo při konstantních otáčkách a zvýšení rychlosti), hadice bude mít menší úhel opletání, na Obr. 3.8 znázorněno zeleným trojúhelníkem.



Obr. 3.8 Vliv odchylky od neutrálního úhlu.

3.3 Měření odtahu

K měření velikosti odtahu se používá posuvné měřítko (norma ČSN 25 1238). Měření je prováděno pomocí hrotů pro měření vnitřních rozměrů, tzn. že hroty jsou na vnějších stranách. Při měření odtahu je možné jeden hrot zapíchnout do místa křížení svazků drátů, avšak druhý hrot není možné zapíchnout, proto je pouze přiložen k hadici, což způsobuje velkou nepřesnost měření (Obr. 3.9). Velikost odtahu je v podstatě pouze odhadována a ve velké míře závisí na operátorovi.



Obr. 3.9 Měření pomocí posuvného měřítka.

3.4 Způsobnost měřicího systému

Před zahájením měření vlivu výrobních procesů na velikost odchylky odtahu byla vyhodnocena způsobnost měřicího systému. Pro tento účel je nejvhodnější provést analýzu opakovatelnosti a reprodukovatelnosti Gauge R&R.

3.4.1 Měřicí systém

Podle mezinárodního metrologického slovníku měřicím systémem je *"sestava jednoho nebo více měřidel a často dalších zařízení, včetně jakýchkoli čidel a zdrojů, sestavená a přizpůsobená k poskytování informace používané ke generování naměřených hodnot veličiny ve specifikovaných intervalech pro veličiny specifikovaných druhů."* [22].

3.4.2 Popis analýzy Gauge R&R

Studie opakovatelnosti a reprodukovatelnosti (repeatability and reproducibility) zjišťuje, zda naměřené hodnoty popisují skutečný proces nebo zda dochází k významnému zkreslení hodnot systémem měření. Celková variabilita zaznamenaných dat je součtem variability procesu a variability systému měření (Obr. 3.10). Matematicky vyjádřeno:

$$\sigma_T^2 = \sigma_P^2 + \sigma_m^2 \quad (3.9)$$

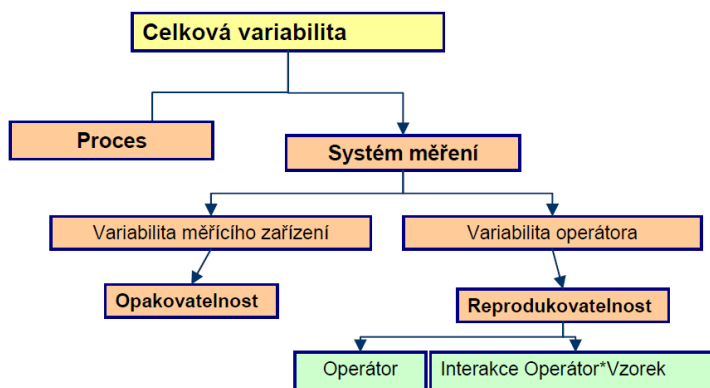
σ_T - celková variabilita,

σ_P - variabilita procesu,

σ_m - variabilita měřicího systému.

Variabilitu měřicího systému dále se rozděluje na: [23]

- Opakovatelnost – variabilita výsledků měření vyprodukovaná jedním měřicím přístrojem, použitým opakovaně jedním hodnotitelem měřicím jednu identickou charakteristiku na stejném výrobku,
- Reprodukovatelnost – variabilita v průměrech měření provedených různými hodnotiteli pomocí stejného měřicího přístroje pro měření stejné charakteristiky na stejném výrobku (pokud je více měřidel, může se hovořit o reprodukovatelnosti měřidel – místo operátora se mění měřidla).



Obr. 3.10 Rozdělení celkové variability zaznamenaných dat [23].

K vyhodnocení velikosti variability měřicího systému se používají následující charakteristiky:

$$\%R\&R = \frac{\sigma_m}{\sigma_T} \cdot 100 \quad [\%] \quad (3.10)$$

Tato charakteristika popisuje poměr variability měřicího systému vůči celkové variabilitě. Porovnává směrodatnou odchylku odpovídající opakovatelnosti a reprodukovatelnosti s celkovou variabilitou měření.

$$\%P/T = \frac{6 \cdot \sigma_m}{USL - LSL} \cdot 100 \quad [\%] \quad (3.11)$$

Charakteristika %P/T vyjadřuje poměr mezi variabilitou měřicího systému a celkovým tolerančním rozpětím, které je rovno rozdílu horní toleranční meze (USL) a dolní toleranční meze (LSL).

Obecné směrnice pro podíl P/T:

- P/T ≤ 10% - systém měření je přípustný vzhledem k procesu resp. tolerančnímu rozpětí.
- 10% < P/T ≤ 30% - systém měření je podmíněně přípustný vzhledem k procesu resp. tolerančnímu rozpětí, závisí na poměru ceny nápravy a významnosti sledované veličiny.
- P/T > 30% - systém měření není přípustný vzhledem k tolerančnímu rozpětí.

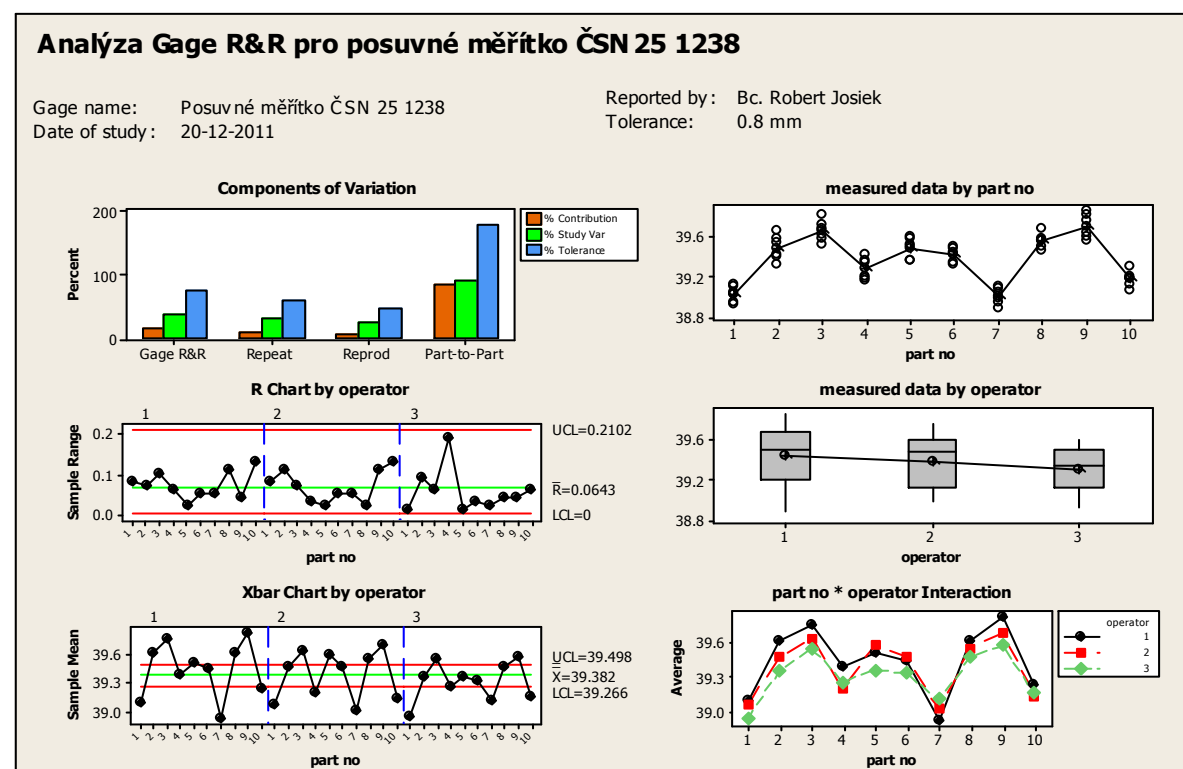
3.4.3 Analýza měřicího systému

Dle normy ISO 5725-2:1994 [24] byla provedena analýza, jejíž výsledky jsou na Obr. 3.11. Bylo připraveno 10 vzorků, na kterých bylo označeno místo pro měření odtahu. Každý z těchto vzorků byl změřen dvakrát třemi operátory [25].

Gage R&R Studie			
Složky rozptylu			
		Procento celk.	
Zdroj	Rozptyl	(na Rozptylu)	
Celková O&R	0.0100996	14.92	
Opakovatelnost	0.0061666	9.11	
Reprodukovatelnost	0.0039330	5.81	
Vzorky	0.0575879	85.08	
Celková proměnliv.	0.0676875	100.00	
Vyhodnocení měřidla (Tolerance = 0.8 mm)			
			%Tolerance
Zdroj	SměrOdch (SO)	6 * SO	%SO (6*SO/Toler)
Celková O&R	0.100497	0.60298	38.63
Opakovatelnost	0.078528	0.47117	30.18
Reprodukovatelnost	0.062714	0.37628	24.11
Vzorek	0.239975	1.43985	92.24
Celková Variabilita	0.260168	1.56101	100.00
			75.37
			58.90
			47.04
			179.98
			195.13

Obr. 3.11 Numerický výstup z programu Minitab16.

Procento tolerance (75,37%) využívané na opakovatelnost a reprodukovatelnost je větší než normovaná limitní hodnota (30%). Tuto limitní hodnotu překračují obě složky, jak opakovatelnost (58,9%), tak i reprodukovatelnost (47,04%), a proto tento měřicí systém je nezpůsobilý. Grafický výstup z programu Minitab je na Obr. 3.12.



Obr. 3.12 Analýza Gauge R&R – výstup z programu Minitab 16.

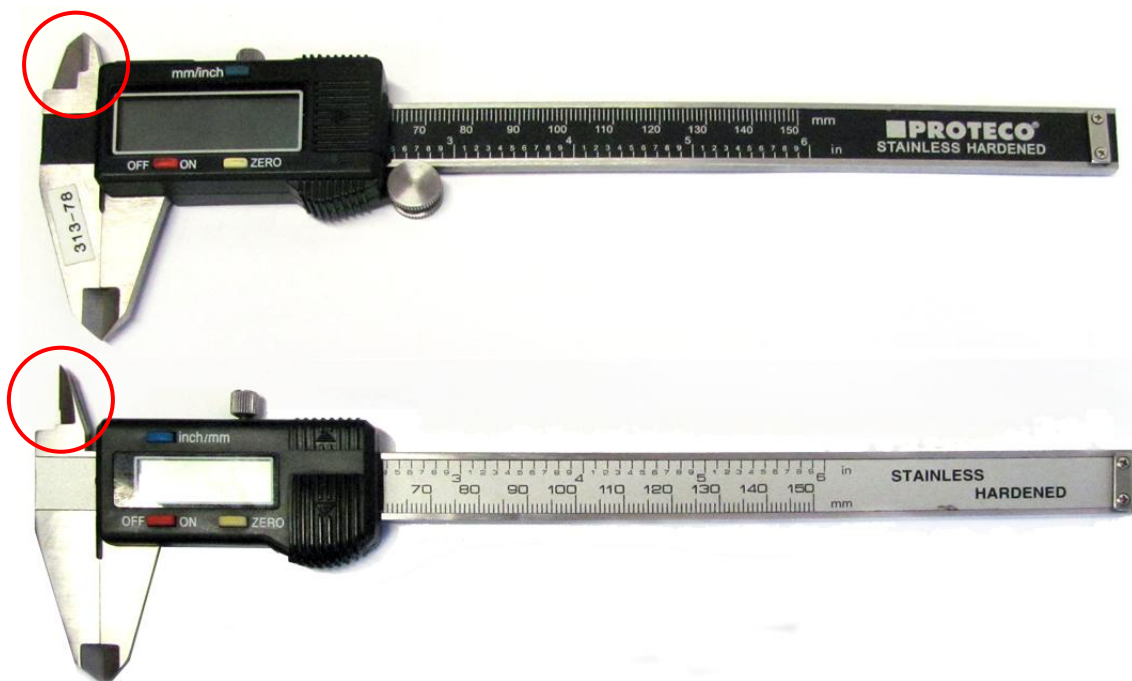
Měření pro tuto diplomovou práci však bude prováděno pouze autorem, proto byla provedena ještě jedna studie, ve které byla analyzována pouze data získaná jedním operátorem. V této analýze není zkoumána reprodukovatelnost, protože není brán ohled na operátora. Opakovatelnost v takovém to případě využívá 39,72% tolerančního pole, a proto i za těchto podmínek je měřicí systém nezpůsobilý.

Tabulka s naměřenými hodnotami pro analýzy opakovatelnosti a reprodukovatelnosti je v Příloze 1.

3.4.4 Hodnocení a nápravná opatření

Konstrukce tradičního posuvného měřítka není vhodná pro měření odtahu. Chyba měření je příliš velká, a proto kdyby toto posuvné měřítko bylo použito pro zkoumání vlivů jednotlivých procesů na velikost odchylky odtahu, nebylo by možné určit, zda se jedná o odchylku způsobenou procesem nebo chybou měření. Z tohoto důvodu toto posuvné měřítko nemůže být používáno pro přesné měření odtahu.

K určitému zpřesnění by pomohlo posuvné měřítko s otočeným hrotem (Obr. 3.13). S použitím posuvného měřítka, které by mělo oba hroty na stejné straně, by bylo možné „zapíchnout“ oba hroty do bodu, kde se kříží svazky drátů, což by vedlo ke zvětšení přesnosti měření. Takto upravená posuvná měřítka se používají ve výrobním závodě Semperflex v Thajsku a pro účel této diplomové práce bylo jedno speciální posuvné měřítko zapůjčeno. Na oddělení metrologie bylo kalibrováno a certifikováno, a s jeho použitím byla provedena další analýza opakovatelnosti a reprodukovatelnosti.



Obr. 3.13 Posuvné měřítko ČSN 25 1238 (nahore) a s otočeným hrotem (dole).

3.4.5 Analýza Gauge R&R nového posuvného měřítka

S použitím posuvného měřítka s otočeným hrotem byly opět provedeny dvě analýzy, zkoumající způsobilost tohoto měřidla. Data z měření jsou uvedena v Příloze 2.

Gage R&R Studie

Složky rozptylu

Zdroj	Rozptyl	Procento celk. (na Rozptylu)
Celková O&R	0.0045349	7.77
Opakovatelnost	0.0015806	2.71
Reprodukovatelnost	0.0029543	5.06
Vzorky	0.0538272	92.23
Celková proměnliv.	0.0583621	100.00

Tolerance = 0.8 mm

Vyhodnocení měřidla

Zdroj	SměrOdch (SO)	6 * SO	%CelkVar	%Tolerance (6*SO/Toler)
Celková O&R	0.067341	0.40405	27.88	50.51
Opakovatelnost	0.039756	0.23854	16.46	29.82
Reprodukovatelnost	0.054354	0.32612	22.50	40.77
Vzorek	0.232007	1.39204	96.04	174.01
Celková Variabilita	0.241582	1.44949	100.00	181.19

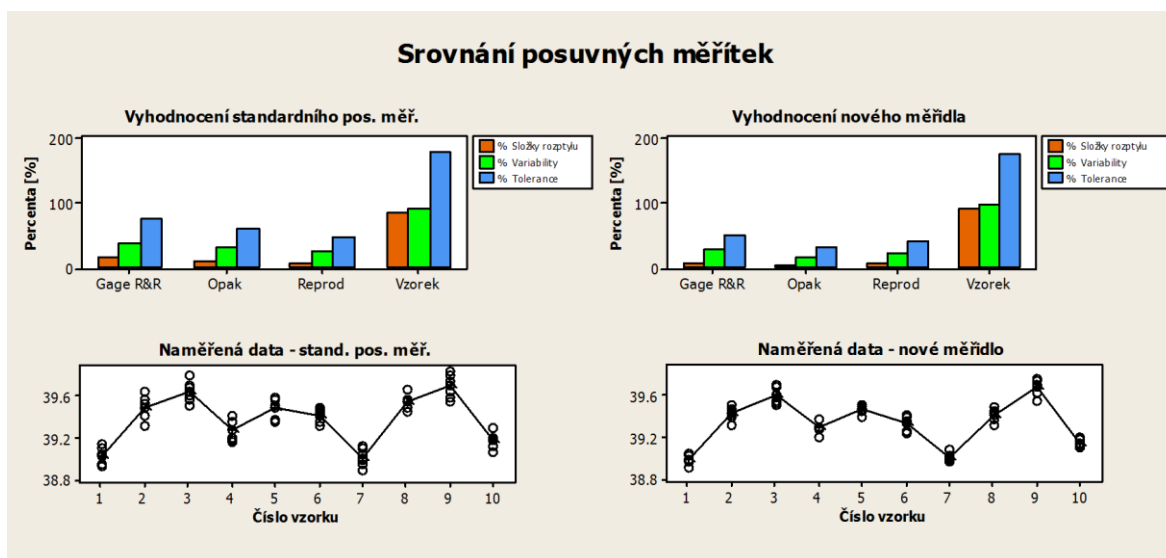
Obr. 3.14 Numerický výstup z programu Minitab16.

Studie ukázala, že s použitím nového posuvného měřítka je dosaženo vyšší přesnosti měření. Podíl opakovatelnosti a reprodukovatelnosti na šestinásobku směrodatné odchylky je 27,88% (Obr. 3.14), proto měřidlo je přípustné ke sledování procesu. Podíl opakovatelnosti na celkové toleranci je menší než 30%, reprodukovatelnost však pořád využívá víc než 30% tolerančního pole. Je to způsobeno úzkým tolerančním polem, proto jako celek je tento měřicí systém nezpůsobilý.

Stejně jako v případě standardního posuvného měřítka byla i pro nové provedena další analýza, ve které nebyla ověřována reprodukovatelnost, protože byla zkoumána pouze data získaná autorem této diplomové práce. Opakovatelnost v tomto případě využívá 19,12% tolerančního pole, což umožňuje použít posuvné měřítko pro tuto diplomovou práci za předpokladu, že všechna data budou měřena pouze autorem.

Na Obr. 3.15 jsou čtyři grafy srovnávající obě posuvná měřítka. Grafy nahoře zobrazují, kolik procent tolerančního pole (popř. variability nebo rozptylu) je využito pro opakovatelnost, reprodukovatelnost a kolik pro rozdíl velikosti odtahu jednotlivých vzorků.

Na dvou grafech dole jsou souvislou čarou zobrazeny střední hodnoty odtahů měřených vzorků a tečky zobrazují jednotlivé naměřené hodnoty. Na první pohled je patrné, že nové posuvné měřítko měří s větší přesností, protože naměřené hodnoty jsou blíže průměrným velikostem odtahu.



Obr. 3.15 Srovnání posuvných měřitek.

3.4.6 Hodnocení posuvných měřitek

Provedené analýzy jednoznačně dokazují, že přesnost měření odtahu s použitím posuvného měřítka s otočeným hrotem je daleko větší než při měření se standardním posuvným měřítkem. Zlepšení doznaly hodnoty jak reprodukovatelnosti, tak i opakovatelnosti. Na základě této analýzy byla posuvná měřítka s otočeným hrotem objednána pro celou divizi hydraulických hadic společnosti Semperflex Optimit s.r.o.

Výsledky analýzy Gauge R&R jsou však hraniční, splněna je pouze podmínka opakovatelnosti, a proto řešení výměny posuvných měřitek za nová lze považovat pouze jako řešení dočasné. Z dlouhodobého hlediska je nutné zajistit přesnější měřicí systém. Možným řešením by byl např. měřicí systém na bázi laserového měření profilu opletených hadic nebo systém využívající princip strojového vidění s následným vyhodnocením vzdálenosti mezi odpovídajícími průřezíky svazků drátů. Návrh měřicího systému však přesahuje náplň této diplomové práce a vyžadoval by delší dobu potřebnou na testování a uvedení do provozu, a také větší finanční prostředky než nákup upravených posuvných měřitek.

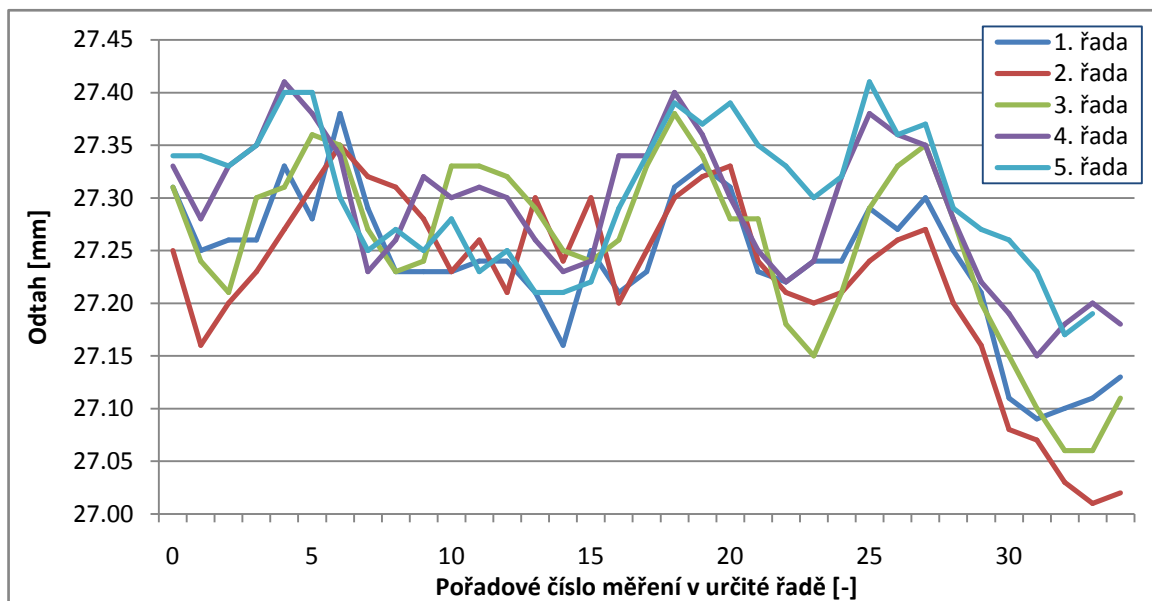
3.5 Stabilita odtahu na vzorku

Před odebráním vzorků byla provedena ještě jedna analýza pro zjištění stability odtahu na jednom půlmetrovém vzorku. Pro tento účel byl na jednom vzorku změřen odtah v pěti řadách pootočených o pětinu obvodu a v každé řadě bylo provedeno 35 měření postupně posunutých o jeden svazek drátů. Na Obr. 3.16 je vzorek, na kterém bylo prováděno měření, kde modrými šipkami je určena řada a směr měření. Tímto způsobem byla zkoumána velikost změny odtahu vzhledem k poloze na vzorku.



Obr. 3.16 Vzorek pro analýzu stability odtahu na jednom vzorku.

Z naměřených hodnot, které jsou uvedeny v Příloze 3, byl vytvořen graf (Obr. 3.17).



Obr. 3.17 Graf stability odtahu na pŕlmetrovém vzorku.

Výsledky měření ukázaly, že i na pŕlmetrovém vzorku nejsou hodnoty odtahu stabilní, a proto je nutné přesně označit místo, kde bude prováděno měření.

3.6 Vymezení pojmů

Pro jednoznačné stanovení polohy jednotlivých měřicích míst je nutné vymezit pojmy, které budou používány v této diplomové práci.

- Dávka - soubor vzorků na jednom přepravním bubnu.
- Pořadí vzorku - poloha vzorku v dávce.
- Místo na vzorku - přesná poloha měřeného místa na vzorku.

3.7 Označování míst měření

Vzorek byl označen červenými a modrými značkami, které přesně a jednoznačně určovaly místo a směr, ve kterém má být prováděno měření.

V několika různých výrobních dávkách bylo označeno vždy pět vzorků, na kterých v osmi místech byl barevně označen průsečík svazků drátů, ve kterém má být prováděno měření (Obr. 3.18). Takto vzniklo 40 označených míst v každé dávce, ve kterých byly naměřeny hodnoty odtahu, které následně sloužily k statistickému vyhodnocení vlivu jednotlivých procesů na velikost odchylky odtahu u hydraulických hadic.



Obr. 3.18 Vzorek s přesně označenými místy měření.

3.8 Průběh měření

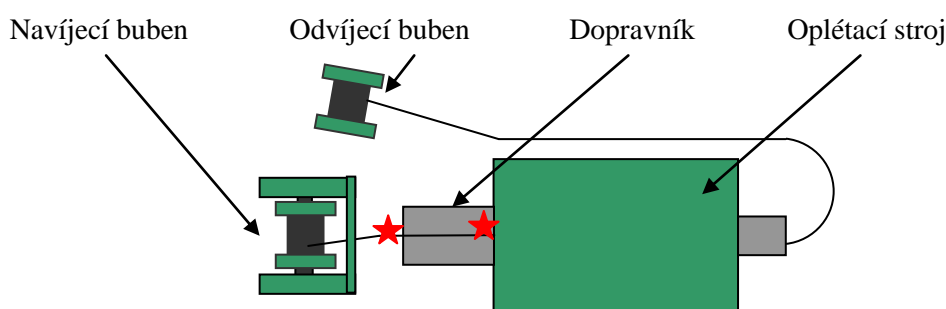
S ohledem na charakter výroby bylo jedinou možností měření odtahu přímo během výrobního cyklu. Metoda založena na odběru vzorků a jejich vyhodnocování v laboratorních podmínkách v tomto případě nepřicházela v úvahu.

U všech procesů byl kladen velký důraz na to, aby podmínky měření byly stejné, především aby hadice nebyla příliš natažená, ale ani volná.

V následujících kapitolách jsou podrobně popsána místa na výrobních linkách, ve kterých byla prováděna měření.

3.8.1 Linka oplétání

Na Obr. 3.19 jsou hvězdičkou označena místa měření – první je mezi oplétacím bodem a dopravníkem, druhé mezi dopravníkem a navíjecím bubnem. V tomto druhém bodě obsluha kontroluje, jestli hadice jsou vyráběny s odtahem v předepsané toleranci. Obsluha provádí měření odtahu za chodu stroje. Z důvodu označování vzorků a vzhledem k osmi prováděným měřením bylo nutné zastavení stroje. Tento způsob navíc umožnil změřit odtah před dopravníkem. Měření ovšem byla prováděna v jiných místech než ta, která jsou označena, tudíž tyto hodnoty nejsou součástí statického vyhodnocení a slouží pouze pro orientační zjištění vlivu dopravníku na velikost odtahu.



Obr. 3.19 Místa na lince oplétání, ve kterých bylo prováděno měření odtahu.

3.8.2 Vytlačování obalu

Aby bylo možné dál sledovat označený vzorek a měřit velikost odtahu, bylo nutné po extruzi směsi zastavit stroj a sundat pryžový obal. Měření bylo proto prováděno přímo za vytlačovací hlavou, ale ještě před chladicí vanou, aby byl zachycen vliv vysoké teploty při vytlačování na změnu velikosti odtahu.

3.8.3 Bandážování

Měření bylo prováděno před bandážovacím strojem, protože po tomto procesu je vzorek pod nylonovou páskou a měření by nebylo možné. Naměřené hodnoty ukazují tedy pouze vliv manipulace s hadicemi mezi operací vytlačování obalu a bandážováním.

3.8.4 Debandážování

Po bandážování postupují hadice do vulkanizačního kotle, ve kterém není možné provádět žádná měření, a proto vliv vulkanizace je zkoumán až u další operace, tj. debandážování. Měření bylo prováděno bezprostředně za debandážovacím bodem, po odstranění přebytků gumy, které vystoupily přes oplétací drát (viz Obr. 2.16).

3.8.5 Zkušební stanice

Na zkušební stanici byl odtah měřen během převíjení ze zkušebního na přepravní buben, tedy po vytlačení trnu a tlakové zkoušce. Sledován byl vliv těchto procesů na změnu velikosti odtahu.

3.8.6 Linka konečné úpravy

Linka konečné úpravy je poslední místo, kde se provádí kontrola předepsaných parametrů před expedováním hadice zákazníkovi. Byl zde zkoumán vliv dopravníku a převíjení na přepravní buben. Vzorky, na kterých byla prováděna měření, jsou bez obalu, jedná se o zmetky, a proto po změření byly vyřezány, označeny pořadovým číslem a uschovány pro další měření.

3.8.7 Konečná velikost odtahu

Zkušební vzorky byly uloženy a po několika dnech opět změřeny. Byl sledován vliv natažení hadice na lince konečné úpravy a míra relaxace.

3.9 Naměřené hodnoty

Příklad naměřených hodnot odtahu pro jeden vzorek hadice 1SNK $\varnothing 6$ je uveden v Tab. 3.1. Všechny naměřené hodnoty jsou v Příloze 4.

Tab. 3.1 Hodnoty naměřené na jednom vzorku.

č.vz.	proces	Místo na vzorku							
		1	2	3	4	5	6	7	8
6.1.4	Před dopravníkem	21.51	21.54	21.65	21.66				
	Za dopravníkem	21.39	21.50	21.34	21.24	21.27	21.25	21.33	21.40
	Vytlačování obalu	21.31	21.57	21.43	21.33	21.54	21.40	21.44	21.48
	Bandážování	21.21	21.40	21.31	21.24	21.35	21.27	21.30	21.37
	Debandážování	21.13	21.30	20.93	21.00	20.95	20.75	20.82	21.00
	Zkušební stanice	21.99	22.11	21.89	21.87	21.76	21.72	21.74	21.93
	LKÚ	22.41	22.66	22.33	22.38	22.29	22.41	22.59	22.28
	Konečná velikost	21.65	21.90	21.54	21.63	21.55	21.44	21.54	21.63

Číslování vzorků je ve formátu PR.D.PO, kde:

PR - průměr hadice v mm,

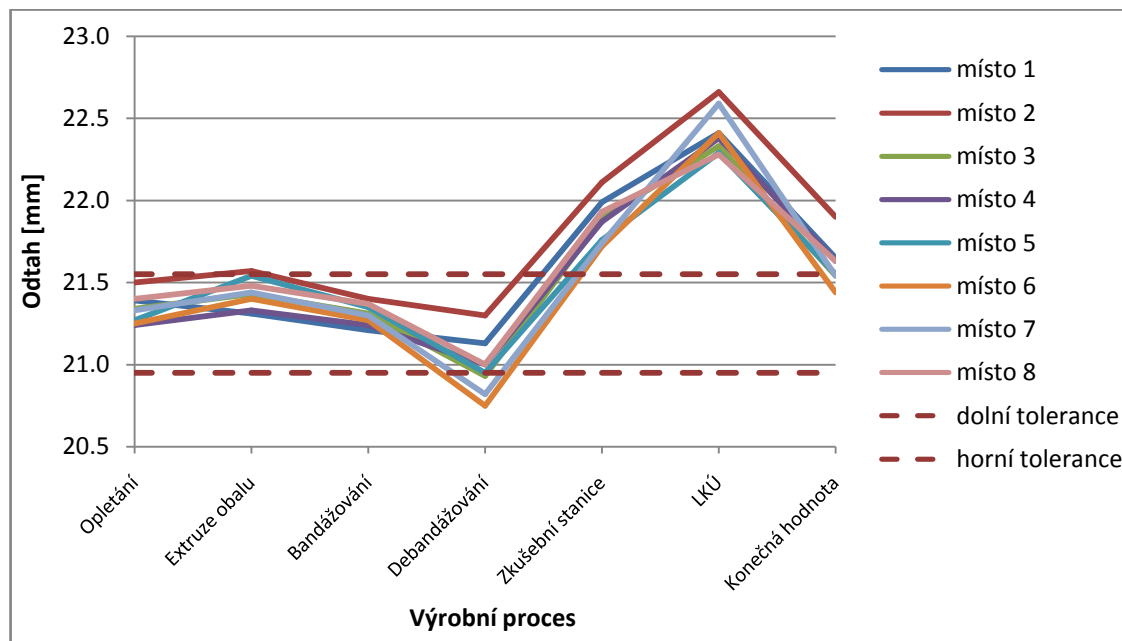
D - dávka,

PO - pořadí vzorku v dávce (viz kapitola 3.6).

V Tab. 3.1 jsou hodnoty pro vzorek číslo 6.1.4, což znamená čtvrtý vzorek z první dávky hadice o průměru 6 mm.

Hodnoty z Tab. 3.1 byly zpravovány do grafu na Obr. 3.20. Na první pohled je patrné, že odtah v průběhu výrobního cyklu není stabilní a jeho hodnota překročila požadovanou kontrolní toleranci.

Kontrolní toleranční pole určuje mez, po jejíž překročení je obsluha stroje povinná provést nápravná opatření. Kontrolní tolerance je vždy menší než požadovaná výrobní tolerance, což dává čas a prostor pro zamezení výroby zmetků.



Obr. 3.20 Graf změny odtahu jednotlivých míst na vzorku č. 6.4.1.

4 ANALÝZA ZÍSKANÝCH DAT

Měřením bylo získáno 3038 hodnot, z čehož 848 pro hadice o průměru 6 mm (viz Příloha 4), což je množství dostatečné pro statistickou analýzu, k níž byl použit software Minitab 16.

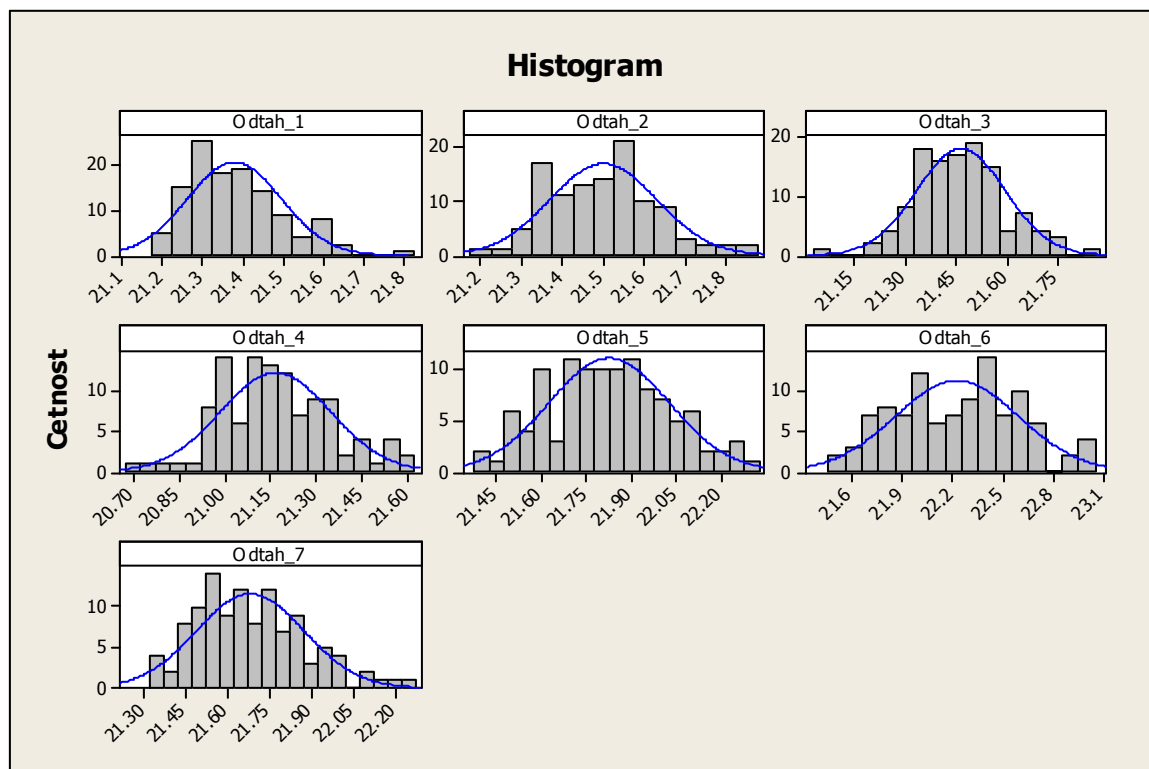
V analýze výsledků pro tuto diplomovou práci, z důvodu jednoduchosti a přehlednosti výstupů ze statistického programu Minitab, je místo názvů procesů použito označení, které je uvedené v Tab. 4.1.

Tab. 4.1 Názvosloví.

Odtah_1	Za dopravníkem	(viz kapitola 3.8.1)
Odtah_2	Vytlačování obalu	(viz kapitola 3.8.2)
Odtah_3	Bandážování	(viz kapitola 3.8.3)
Odtah_4	Debandážování	(viz kapitola 3.8.4)
Odtah_5	Zkušební stanice	(viz kapitola 3.8.5)
Odtah_6	Linka konečné úpravy	(viz kapitola 3.8.6)
Odtah_7	Konečná velikost	(viz kapitola 3.8.7)

4.1 Ověření normálního rozdělení

Při statistických analýzách se velmi často používají testy, které vycházejí z předpokladu normálního rozdělení základního souboru. V některých případech se předpokládá, že podmínka normálního rozdělení je splněna na základě dřívějších zkušeností nebo z výzkumů realizovaných na stejných nebo podobných souborech. Pokud ale není možné pouhým pohledem na histogram zjistit splnění předpokladu normality (jako v případě histogramů na Obr. 4.1), je třeba ho ověřit některým ze statistických testů. Nejčastěji používané jsou χ^2 test, Kolmogorovův-Smirnovův a Anderson-Darlingův test. [26]



Obr. 4.1 Histogramy.

Pro ověření normálního rozdělení byl použit jednovýběrový Kolmogorovův-Smirnovův test, jehož autory jsou Andrej Nikolajevič Kolmogorov a Vladimir Ivanovič Smirnov [27].

Na rozdíl od χ^2 testu tato metoda pracuje přímo s jednotlivými naměřenými hodnotami náhodných veličin, nikoliv s četnostmi po rozdělení do tříd, a proto tuto metodu lze používat i pro test menšího počtu statistických dat.

Pro popis hypotetického rozdělení veličiny X se používá jeho distribuční funkce $F_0(x)$. $F_0(x)$ je tzv. hypotetická distribuční funkce. Při Kolmogorov-Smirnovově testu jde tedy o test nulové hypotézy

$$H_0 : \text{rozdělení veličiny } X \text{ je dáno distribuční funkcí } F_0(x)$$

proti alternativě

$$H_1 : \text{rozdělení veličiny } X \text{ je dáno jinou distribuční funkcí než } F_0(x). \text{ [28]}$$

K vyhodnocení normality naměřených dat byly v programu Minitab provedeny dva testy.

Pro Anderson-Darlingův test platí podmínka:

- pokud P-hodnota je větší než 0,005 hypotéza, že data pocházejí z normálního rozdělení se nezamítá na hladině významnosti 0,05.

U Kolmogorovův-Smirnovova testu platí:

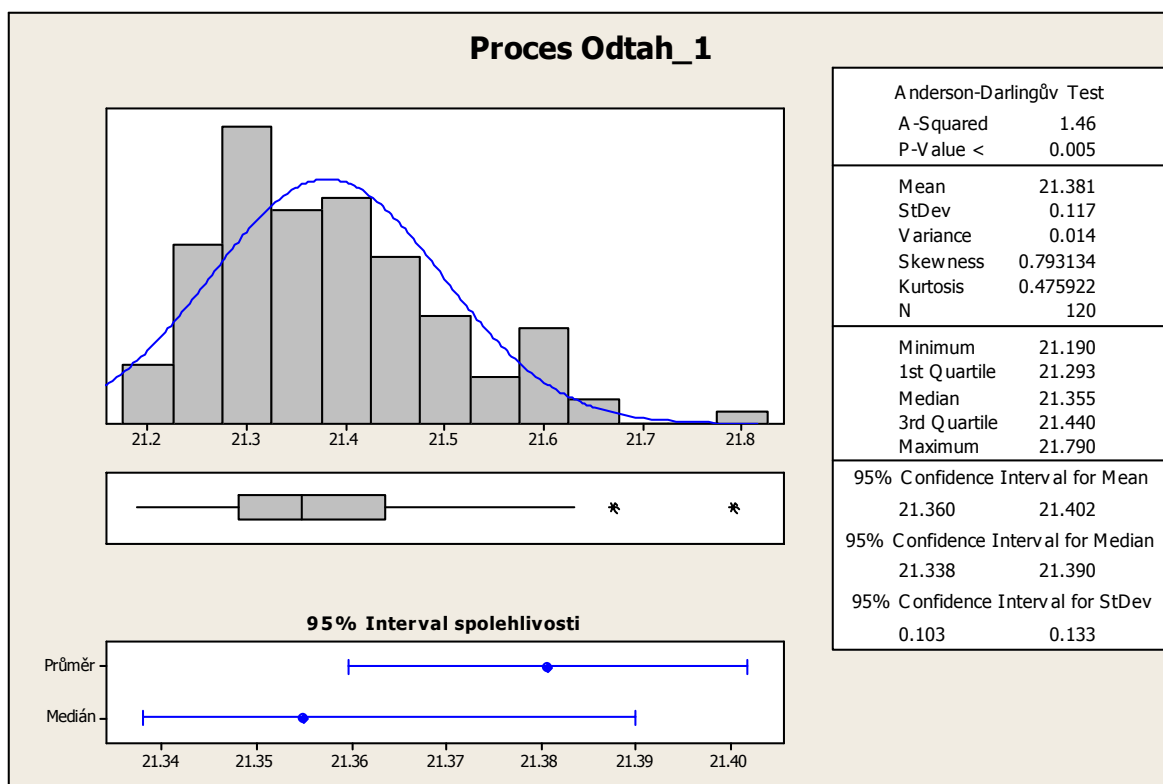
- pokud P-hodnota je větší než 0,01 hypotéza, že data pocházejí z normálního rozdělení se nezamítá na hladině významnosti 0,05.

Tab. 4.2 Výsledky testu normálního rozdělení.

	Střední hodnota	Směrodatná odchylka	Počet naměř. hodnot	P-hodnota1	P-hodnota2
Odtah_1	21.38	0.1165	120	<0.005	< 0.01
Odtah_2	21.50	0.1304	111	0.283	> 0.15
Odtah_3	21.46	0.1314	119	0.388	> 0.15
Odtah_4	21.17	0.1800	110	0.363	> 0.15
Odtah_5	21.82	0.2005	112	0.837	> 0.15
Odtah_6	22.22	0.3699	104	0.131	> 0.15
Odtah_7	21.68	0.1926	112	0.073	0.094

V Tab. 4.2 je souhrn výpočtů provedených v programu Minitab, který ověřuje, zda se jedná o normální rozdělení. Ve sloupci „P-hodnota1“ jsou hodnoty Anderson-Darlingova normálního testu, ve sloupci „P-hodnota2“ hodnoty získané při Kolmogorov-Smirnovově testu.

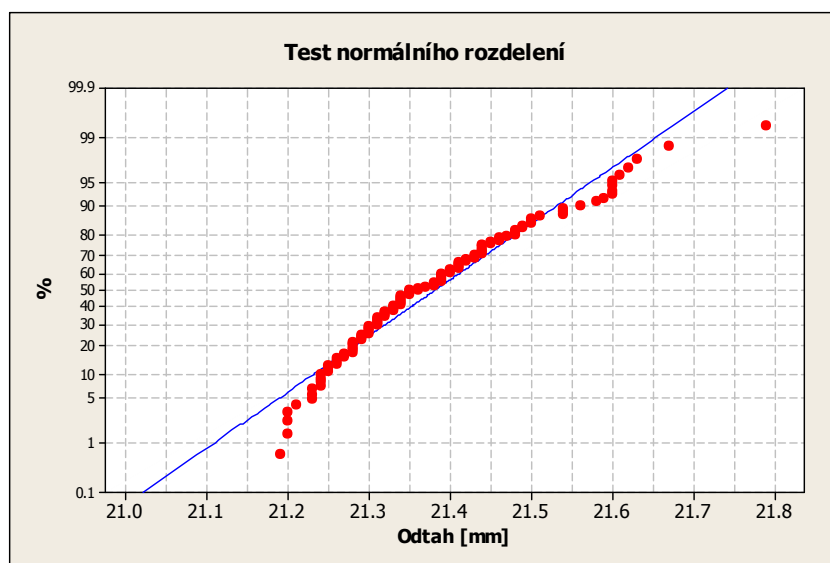
Pouze u Odtahu_1, což jsou hodnoty získané na oplétacím stroji, je velikost P-hodnota1 a P-hodnota2 menší než 0,005 resp. 0,01, a proto pro tento proces hypotéza, že naměřené hodnoty se shodují s hypotetickou distribuční funkcí, se zamítá na hladině významnosti 0,05.



Obr. 4.2 Výsledek Anderson-Darlingova normálního testu – výstup z programu Minitab.

Úplný výsledek Anderson-Darlingova normálního testu pro proces oplétání je na Obr. 4.2. Pod histogramem je graf typu Box plot (krabicový diagram), který má osu x shodnou s histogramem. Šedý obdélník představuje interval, ve kterém se nachází polovina měřených hodnot. Hraničními hodnotami je tzv. dolní kvartil Q1 a horní kvartil Q3 a velikost intervalu se nazývá mezikvartilové rozpětí. Uprostřed obdélníku je tenká černá čára, která určuje polohu mediánu na ose x. Hvězdičkou jsou zastoupeny hodnoty, které na ose x jsou ve větší vzdálenosti od dolního nebo horního kvartilu než je 1,5 násobek mezikvartilového rozpětí [29]. Tyto extrémní hodnoty mohly být způsobeny měřením bezprostředně po dlouhodobém zastavení oplétacího stroje z důvodu výměny cívek, což má za následek přechlazení hadice.

Na třetím diagramu jsou dva body a dvě úsečky představující medián a průměr resp. jeho intervalový odhad se spolehlivostí 95%.



Obr. 4.3 Test normálního rozdělení.

Na Obr. 4.3 je graf z provedeného testu normálního rozdělení. Na x-ové ose je zkoumaná veličina (v tomto případě velikost odtahu) a na ose y je ve speciálním měřítku znázorněno, kolik procent ze zkoumaných dat je menších nebo rovných odpovídající hodnotě na ose x. Měřítko je přizpůsobeno tak, aby normální rozdělení v tomto grafu představovalo přímku. Naměřené hodnoty, které jsou v grafu znázorněny červenými tečkami, by proto měly co možná nejvíc kopírovat modrou přímku, která představuje hypotetické rozdělení veličiny (v tomto případě normální rozdělení).

4.2 Statistická významnost naměřených rozdílů odtahů

Pro porovnání, jestli dvě hodnoty jsou závislé, se obvykle využívá Studentův t-test, který je nejčastěji používaným parametrickým testem. Používá se pro testování rozdílu dvou středních hodnot μ . Podle statistické významnosti testovaného rozdílu středních hodnot (nejčastěji mezi pokusnou a kontrolní skupinou) se posuzuje, zda rozdíl párových hodnot je statisticky významný. [30]

4.2.1 Studentův t-test [30]

T-test byl poprvé proveden anglickým statistikem Williamem Sealy Gossetem (1876-1937), který pracoval v irském pivovaru Guinness. Gosset publikoval výsledky svého výzkumu pod pseudonymem “Student” v roce 1908, což je důvodem, proč se dnes často používá pojem Studentův t-test. [31]

Jednovýběrový t-test se používá v experimentálních situacích, kdy je známa střední hodnota μ základního souboru, kterou je možno považovat za konstantu. V experimentu je pak ověřována hypotéza, že pokusný výběrový soubor pochází z populace, která má stejnou střední hodnotu jako tato známá konstanta. Testována je nulová hypotéza:

$$H_0 : \mu = \text{konst.}$$

Dvojvýběrový t-test

(porovnání dvou výběrových souborů)

Používá se pro hodnocení experimentů, kde není známa střední hodnota základního souboru a jsou porovnávány pouze dva soubory výběrových dat. Tato data mohou být

představována buď dvěma měřeními provedenými opakovaně u jedné skupiny jedinců (typicky měření před aplikací pokusného zásahu a po aplikaci – tzv. „párový pokus“ neboli „závislé výběry“) nebo dvěma nezávislými skupinami měření („nepárový pokus“ neboli „nezávislé výběry“).

V případě dvojvýběrového t-testu je testována nulová hypotéza:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

Nepárový t-test porovnává data, tvořená dvěma nezávislými výběry, tzn. že pocházejí ze dvou různých skupin jedinců. Typicky jde o porovnání hodnot pokusné skupiny (kde byl aplikován pokusný zásah) a kontrolní skupiny (kde aplikace pokusného zásahu provedena nebyla).

Párový t-test porovnává data, která tvoří „spárované variační řady“, tzn. že pocházejí ze subjektů, které byly podrobeny dvěma měřeními. Provádí se tedy dvě měření u jednoho výběrového souboru: první měření před aplikací pokusného zásahu, druhé po aplikaci pokusného zásahu. Takto získané hodnoty tvoří páry a reprezentují při testování jak kontrolní, tak i pokusnou skupinu porovnávaných dat.

V testu se vychází z rozdílů naměřených párových hodnot u srovnávaných variačních řad. Testována je hypotéza, že střední hodnoty měření před pokusem a po pokusu se rovnají (neboli: rozdíl středních hodnot párových měření je nulový).

Párový t-test je vhodný pro zkoumání, zda rozdíl velikosti odtahu, který vznikl mezi výrobními procesy, je statisticky významný. Páry jsou tvořeny naměřenými hodnotami ve stejném místě na vzorku, ale po různých výrobních procesech.

4.2.2 Výsledky t-testu

Podle grafu na Obr. 3.20 lze předpokládat, že nejmenší rozdíl naměřených hodnot bude mezi oplétáním (tedy prvním procesem, kde byl označován vzorek) a vytlačováním obalu nebo mezi oplétáním a procesem bandážování, proto právě pro tyto dvojice byl proveden párový t-test, jehož výsledky, exportovány z programu Minitab 16, jsou na Obr. 4.4.

Párový t-test: Odtah_3, Odtah_1					Párový t-test: Odtah_2, Odtah_1				
	N	Průměr	SmOdch	StChyba		N	Průměr	SmOdch	StChyba
Odtah_3	119	21.4620	0.1314	0.0120	Odtah_2	111	21.4993	0.1304	0.0124
Odtah_1	119	21.3813	0.1168	0.0107	Odtah_1	111	21.3877	0.1178	0.0112
Diference	119	0.08076	0.07980	0.00732	Diference	111	0.11153	0.06181	0.00587
95% interval spolehlivosti pro průměr difference: (0.06627, 0.09524)					95% interval spolehlivosti pro průměr difference: (0.09991, 0.12316)				
T-Test průměru difference = 0 (proti ≠ 0): T-Hodnota = 11.04 P-Hodnota = 0.000					T-Test průměru difference = 0 (proti ≠ 0): T-Hodnota = 11.04 P-Hodnota = 0.000				

Obr. 4.4 Párový t-test pro rozdíly odtahů mezi oplétáním a bandážováním (vlevo) a mezi oplétáním a procesem vytlačování duše (vpravo).

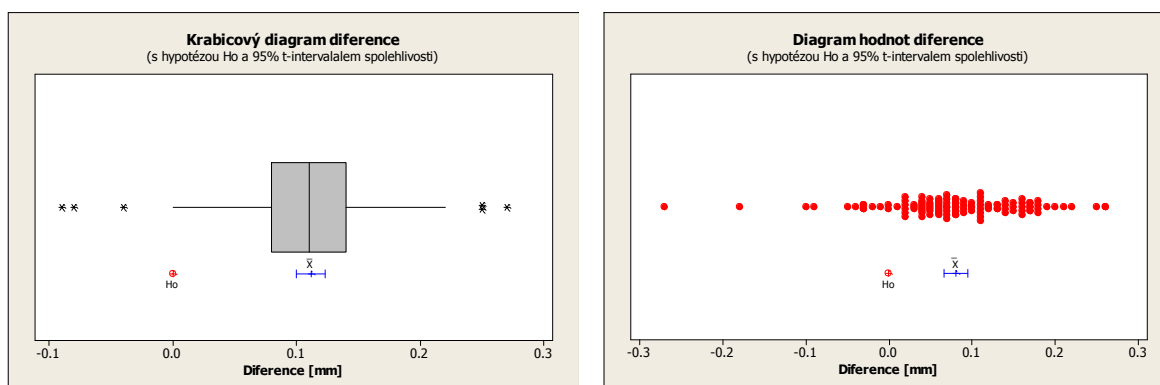
P-hodnota je pravděpodobnost, s jakou by se za předpokladu platnosti hypotézy, při mnoha počtech pokusů, dosáhlo naměřené hodnoty (v tomto případě difference odtahů).

4.2.3 Hodnocení t-testu

Průměr rozdílů odtahů se (podle Obr. 4.4) s pravděpodobností 95% nachází v intervalu (0,06627 ; 0,09524), resp. (0,09991 ; 0,12316). V obou případech nula je mimo tyto intervaly, proto hypotéza, že difference průměrů je nulová, resp. že průměrné hodnoty odtahů u obou procesů jsou stejné

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

se zamítá na hladině významnosti 0,05, a proto změna velikosti odtahu mezi procesem oplétání a vytlačování obalu, a také mezi oplétáním a bandážováním je statisticky významná.

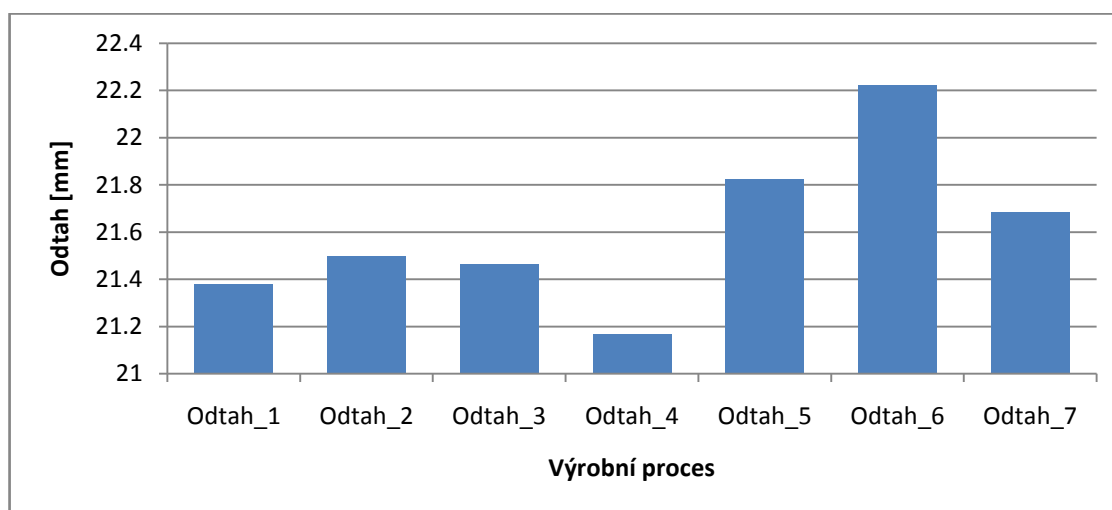


Obr. 4.5 Krabicový diagram difference odtahu mezi procesem vytlačování obalu a oplétáním (vlevo) a diagram hodnot difference mezi procesem bandážování a oplétáním (vpravo).

Na Obr. 4.5 jsou graficky znázorněny rozdíly odtahů. Modrá úsečka představuje průměrnou hodnotu rozdílů s 95% intervalovou spolehlivostí. Je zřejmé, že hypotéza H_0 (v diagramu označena červeným bodem) se nachází mimo určený interval.

4.3 Změna velikosti odtahu

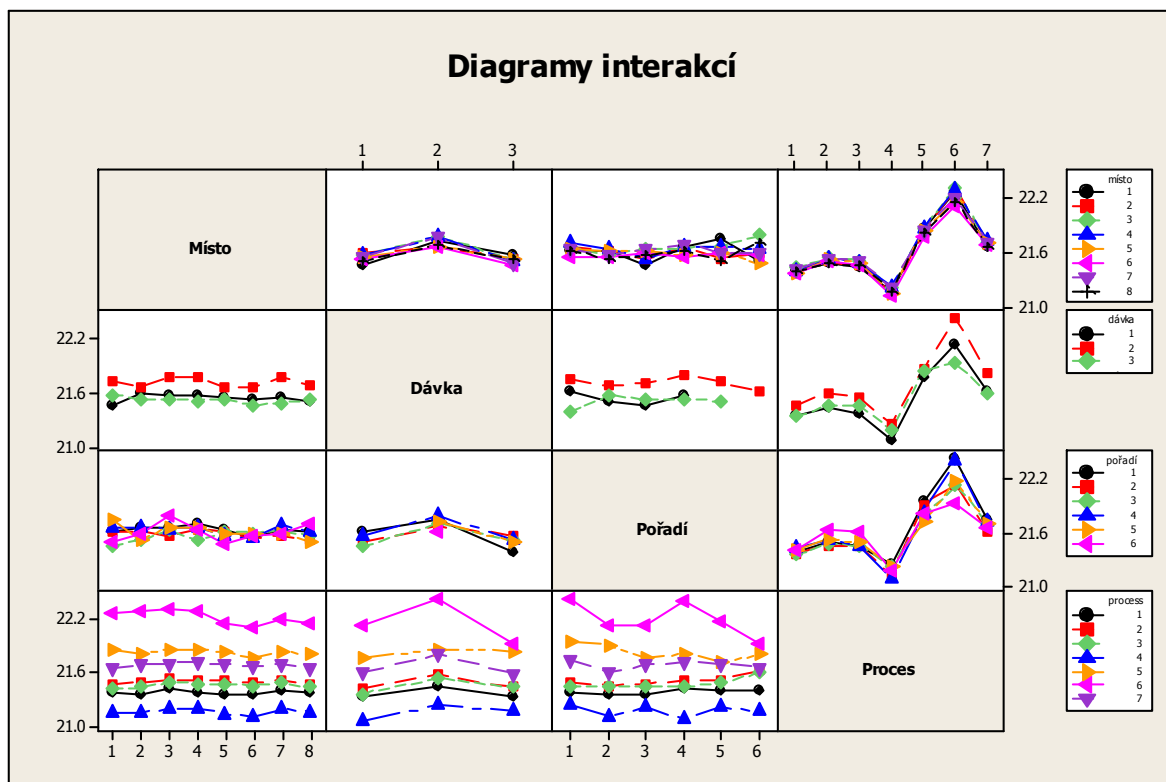
Ze získaných hodnot z každého procesu byl spočítán průměr (viz diagram na Obr. 4.6). Přestože je zřejmé, že se průměry značně liší, nelze jednoznačně určit, zda rozdíly jsou způsobeny výrobním procesem, měřením, místem na vzorku nebo jinými vlivy.



Obr. 4.6 Průměrné hodnoty odtahu v různých výrobních procesech.

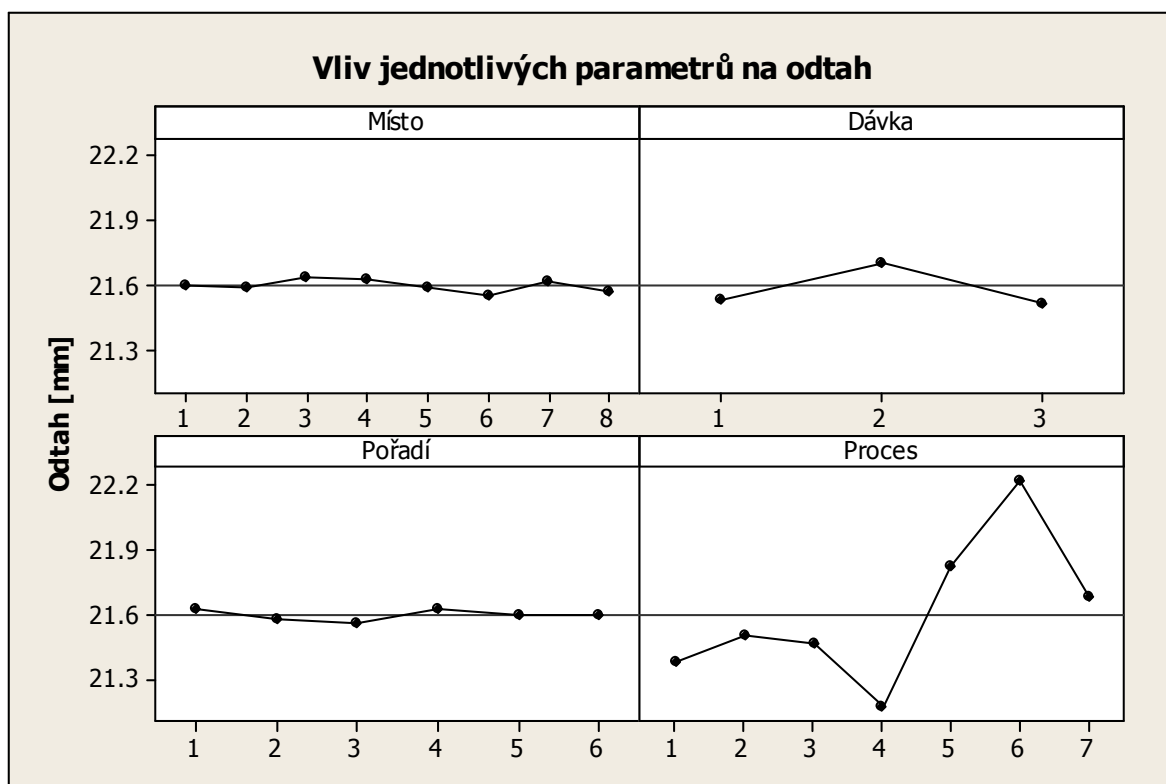
Ke zkoumání a popsání vlivu určitých parametrů na změnu velikosti zkoumané veličiny nejlépe slouží analýza interakce v programu Minitab.

Na Obr. 4.6 jsou diagramy interakce čtyř parametrů (místa, dávky, pořadí na vzorku a procesu) podle velikosti odtahu. Zobrazují, jak vzájemně působí jednotlivé parametry.



Obr. 4.6 Interakce místa, dávky, pořadí a procesu.

Diagram na Obr. 4.7 jednoznačně znázorňuje, že rozdíly odtahu způsobené různou dávkou, pořadím vzorku nebo místem na vzorku jsou mnohem menší než změny odtahu, které jsou způsobeny jednotlivými procesy.



Obr. 4.7 Vliv místa, dávky, pořadí a procesu na velikost odtahu.

4.4 Hodnocení výsledků měření

Z provedené analýzy je patrné, že k největšímu nárůstu odtahu dochází na zkušební stanici a lince konečné úpravy. K tomuto prodloužení může docházet při převíjení hadice z přepravního na zkušební buben a opačně, kdy je hadice vystavena působení velkých tahových sil. Další příčinu je možné hledat u vytlačování trnu nebo u zkušební tlakování hadice.

4.5 Změna odtahu na zkušební stanici – druhá zkouška

Pro upřesnění míst, ve kterých dochází k největšímu prodloužení, byla na zkušební stanici provedena další (nová) podrobná měření, během kterých bylo naměřeno 928 hodnot, z toho 624 na hadicích typu 1SNK $\varnothing 6$. Naměřena data jsou uvedena v Příloze 5.

V následujících kapitolách jsou přesně popsána místa na výrobních linkách, ve kterých bylo prováděno měření.

4.5.1 Bandážování

S ohledem na nutnost minimálního omezení výroby byly vzorky označovány teprve až na lince bandážování. Je to poslední proces, během kterého je možné jednoduše, bez poškození opletu stáhnout obal, protože obalová směs není ještě z vulkanizována, a proto je elastická. Po vulkanizaci guma mění své fyzikální vlastnosti a je možné zbavit se obalu pouze jeho seřezáním resp. zbroušením, avšak tato metoda může mít podstatný vliv na velikost odtahu, a proto zkouška na takto připravených vzorcích by nebyla průkazná.

4.5.2 Debandážování

Stejně jako u předchozích měření, byly i na lince debandážování měřeny hodnoty odtahu. Tato měření byla prováděná pro kontrolu, a proto změna odtahu mezi procesem bandážování a debandážování by měla být v obou případech stejná.

4.5.3 Převíjení na zkušební buben

Na zkušební stanici byla prováděna celkem čtyři měření v místech znázorněných červenou značkou na Obr. 4.8.

První měření proběhlo po převinutí hadice z přepravního na zkušební buben. Byl zkoumán vliv tahové síly, působící na hadici při převíjení, na velikost odtahu.

4.5.4 Vytlačování trnu

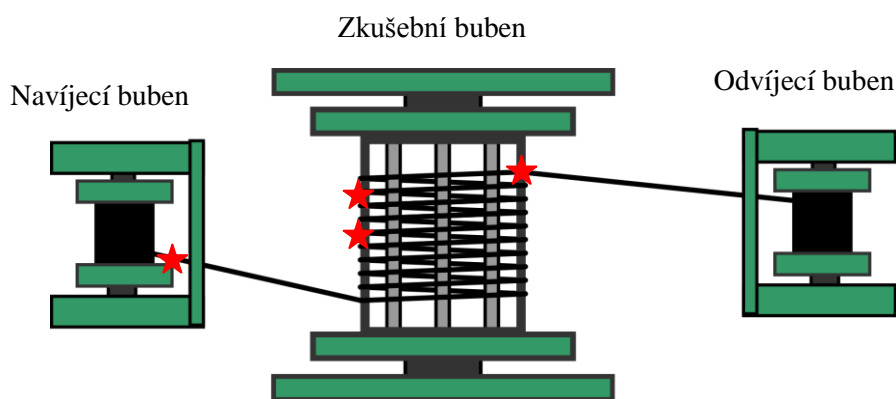
Následně byl zkoumán vliv vytlačování trnu, proto hodnoty odtahu byly zjišťovány na zkušebním bubnu bezprostředně po vytlačení trnu. Během procesu vytlačování dochází k velkému tření mezi trnem a duší hadice, které značně ohřívá hadici a může způsobovat její výrazné prodloužení.

4.5.5 Tlaková zkouška

Dalším zkoumaným procesem byla tlaková zkouška hadic. Hadice jsou natlakovány až na 2,8násobek jejich pracovního tlaku, a právě velký tlak působící na hadici může být příčinou jejího prodloužení.

4.5.6 Převíjení na přepravní buben

Za poslední možný důvod zvětšení odtahu na zkušebních stanicích je považováno převíjení hadice ze zkušebního na navíjecí buben. Na hadici je vyvíjen značný tah, který může mít vliv na zvětšení velikosti odtahu.



Obr. 4.8 Popis míst měření na zkušební stanici.

4.5.7 Linka konečné úpravy

Na lince konečné úpravy byla prováděna měření pouze pro kontrolu s výsledky z předchozích analýz. Obdobný charakter měly i hodnoty získané po určité době (konečná hodnota), kde hadice měla prostor pro relaxaci.

4.5.8 Průběh měření a názvosloví

Analogicky jako v kapitole 4 bylo z důvodu jednoduchosti a přehlednosti výstupů ze statistického programu Minitab použito názvosloví uvedené v Tab. 4.3.

Tab. 4.3 Názvosloví.

Odtah_3	Bandážování	(viz kapitola 4.5.1)
Odtah_4	Debandážování	(viz kapitola 4.5.2)
Odtah_5.1	Převíjení na zkušební buben	(viz kapitola 4.5.3)
Odtah_5.2	Vytlačování trnu	(viz kapitola 4.5.4)
Odtah_5.3	Tlaková zkouška	(viz kapitola 4.5.5)
Odtah_5.4	Převíjení na přepravní buben	(viz kapitola 4.5.6)
Odtah_6	Linka konečné úpravy	(viz kapitola 4.5.7)
Odtah_7	Konečná hodnota	(viz kapitola 4.5.7)

Průběh měření byl obdobný jako u předchozí zkoušky. Ve dvou různých výrobních dávkách bylo připraveno vždy pět vzorků, na kterých bylo označeno po osm míst pro měření. Podrobná analýza, která bude popsána v následujících kapitolách, byla prováděna na hadicích o průměru 6 mm. Pro ověření byly získány také hodnoty na hadici o průměru 10 mm, které jsou uvedeny v Příloze 5.

4.6 Ověření normálního rozdělení

Postup při vyhodnocování naměřených hodnot byl stejný jako u předcházejících pokusů. Nejdřív byl proveden test, zda získané hodnoty mají normální rozdělení. Výsledky testu jsou uvedeny v Tab. 4.4.

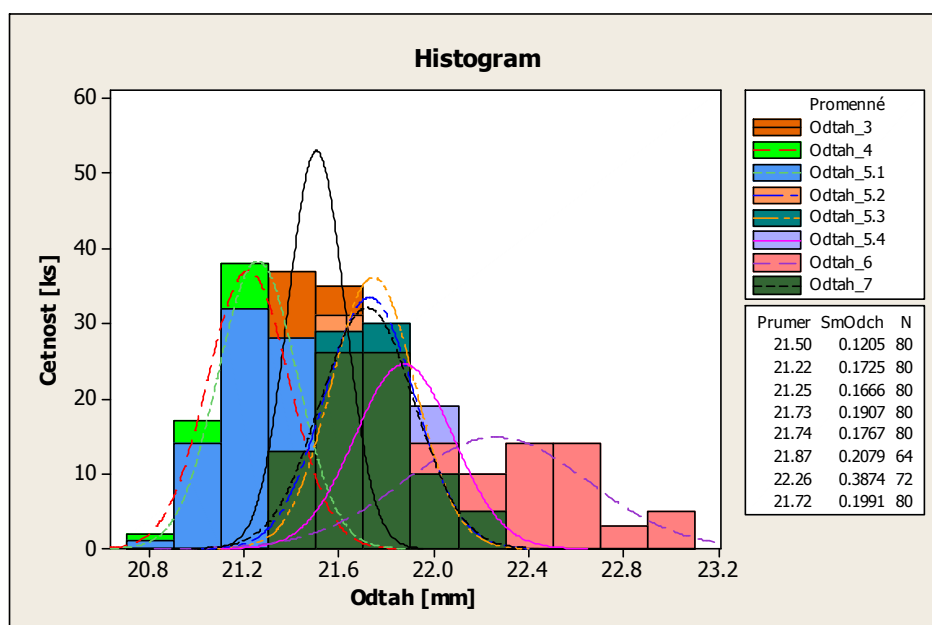
Tab. 4.4 Výsledky testu normálního rozdělení.

	Střední hodnota	Směrodatná odchylka	Počet naměř. hodnot	P-hodnota1	P-hodnota2
Odtah_3	21.50	0.1205	80	>0.150	0.631
Odtah_4	21.22	0.1725	80	>0.150	0.447
Odtah_5.1	21.25	0.1666	80	>0.150	0.652
Odtah_5.2	21.73	0.1907	80	<0.010	0.006
Odtah_5.3	21.74	0.1767	80	>0.150	0.482
Odtah_5.4	21.87	0.2079	64	>0.150	0.936
Odtah_6	22.26	0.3874	72	>0.150	0.700
Odtah_7	21.72	0.1990	80	>0.150	0.237

Způsob výpočtu a podmínky splnění testu podle Kolmogorov-Smirnovova a Anderson-Darlinga jsou uvedeny v kapitole 4.1.

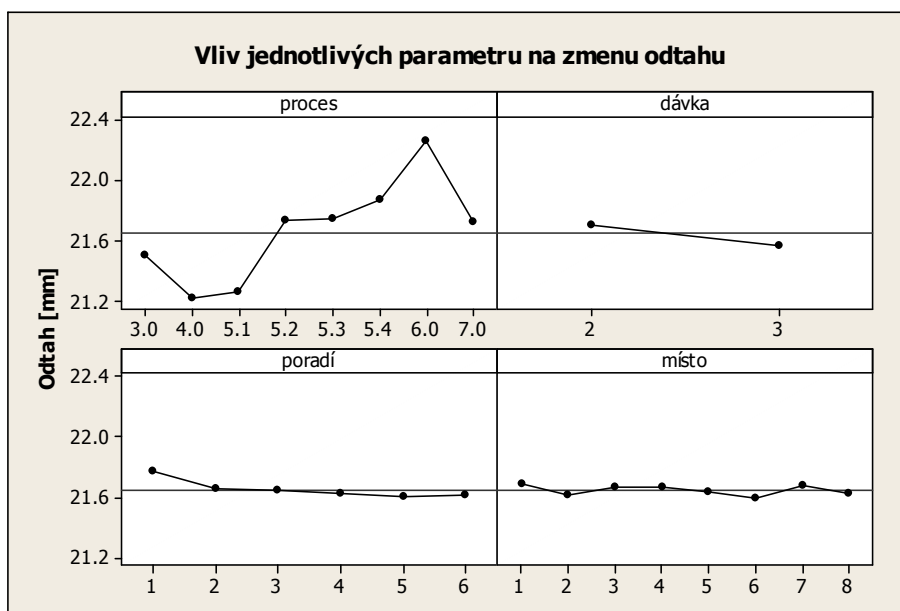
Je zřejmé, že získané hodnoty vykazují normální rozdělení, pouze u procesu vytlačování trnu test podle Anderson-Darlinga (P-hodnota1) nebyl splněn. Příčinou byly potíže při vytlačování trnu u některých vzorků, které způsobily větší natažení hadice.

V statistickém softwaru byly vytvořeny histogramy obdobné jako na Obr. 4.1, avšak pro porovnání velikosti směrodatných odchylek lépe slouží diagram na Obr. 4.9, ve kterém všechny histogramy mají stejné měřítko.



Obr. 4.9 Histogramy v jednotném měřítku.

Graf interakce mezi procesem, dávkou, pořadím a místem na vzorku, který je uveden v Příloze 7 opět ukázal, že k interakci nedochází a že největší vliv na změnu odtahu má proces, což je zobrazeno v grafické závislosti na Obr. 4.10.



Obr. 4.10 Grafické závislosti vlivů jednotlivých parametrů na velikost odtahu.

4.6.1 Hodnocení výsledků

Z Obr. 4.10 na levém horním grafu je vidět, že k největšímu nárůstu odtahu dochází mezi procesy 5.1 a 5.2, tedy během vytlačování trnu, a pak mezi procesy 5.4 a 6.0, což je linka konečné úpravy.

Během vytlačování trnu dochází ke vzniku velkého tření mezi povrchem trnu a duší hadice. Jakákoliv výrobní nepřesnost v předchozích procesech způsobuje komplikace během vytlačování, což nutí k použití vyššího tlaku k vytlačení trnu a vede k většímu natažení hadice.

Na lince konečné úpravy se na velikost odtahu negativně podepisuje dopravníkový systém, který při odvíjení z přepravního bubnu natahuje hadici, což vede nejen k nárůstu měřeného odtahu, ale také celkové délky hadice. Tento nárůst je problematický hlavně proto, že na LKÚ je hadice řezána na zákaznickem požadovanou délku, a proto jakékoliv natažení hadice na této lince a její následné zkrácení vede k nepřesnostem dodávek.

K největšímu poklesu velikosti odtahu dochází mezi LKÚ a konečným měřením. Zkrácení je způsobeno snahou opletu hadice o návrat do neutrálního úhlu. Protože hadice již není navinuta na přepravní buben a má oba konce volné, má prostor pro relaxaci.

Otázkou proto je, k jak velkému zkrácení by docházelo, kdyby hadice na zkušební stanici nebyla navíjena na přepravní buben, kde nemá možnost relaxace, ale byla volně stáčena do košů. Volba koše, namísto bubnu, jako přepravního systému by zřejmě také vedla ke zmenšení prodloužení vznikajícímu na LKÚ, které bylo způsobeno právě odvíjením z přepravního bubnu.

Pro ověření výše popsaných předpokladů byly provedeny další nové zkoušky. Místa měření byla stejná jako u druhé zkoušky, jediným rozdílem bylo použití košů místo přepravních bubnů na zkušební stanici.

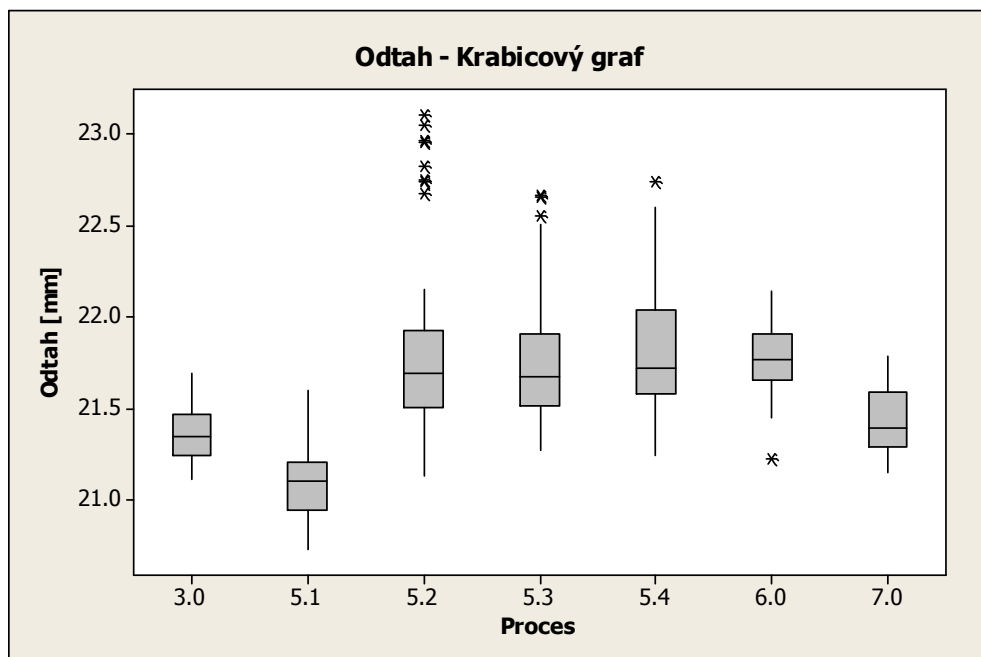
4.7 Převíjení do koše – třetí zkouška

Průběh byl analogický jako u předchozí zkoušky, avšak z důvodu snahy o minimalizaci omezení výroby odtah na lince debandážování nebyl měřen. Již předchozí zkouška potvrdila výsledky z první zkoušky, a proto nebylo nutné získávat hodnoty odtahu na tomto výrobním procesu. Naměřená data (viz Příloha 6) byla podrobena stejným analýzám. V Tab. 4.5 jsou uvedeny výsledky testu normálního rozdělení.

Tab. 4.5 Výsledky testu normálního rozdělení.

	Střední hodnota	Směrodatná odchylka	Počet naměř. hodnot	KS	P-hodnota1	P-hodnota2
Odtah_3	21.36	0.1456	80	0.077	>0.150	0.046
Odtah_5.1	21.09	0.1978	72	0.081	>0.150	0.187
Odtah_5.2	21.77	0.4345	80	0.148	<0.01	<0.005
Odtah_5.3	21.75	0.3251	72	0.113	0.033	<0.005
Odtah_5.4	21.81	0.3416	56	0.146	<0.01	<0.005
Odtah_6	21.77	0.1832	72	0.054	>0.150	0.868
Odtah_7	21.44	0.1778	80	0.123	<0.01	0.006

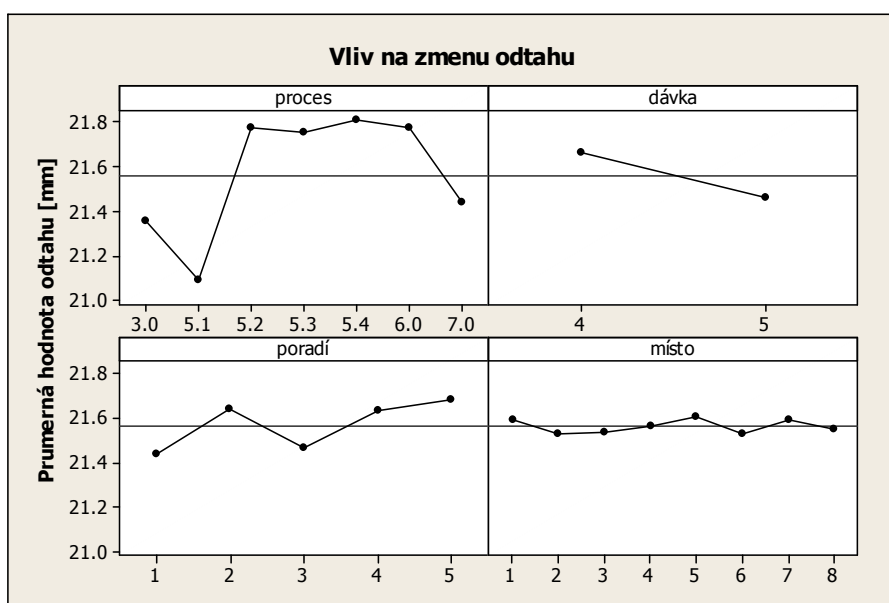
Ve čtyřech případech data neprošla jedním z testů podle Anderson-Darlinga nebo Kolmogorov-Smirnova a ve dvou případech, tj. u vytlačování trnu a přetáčení do koše, byla hypotéza, že hodnoty mají normální rozdělení zamítnuta podle obou testů.



Obr. 4.11 Krabicový graf naměřených hodnot odtahu.

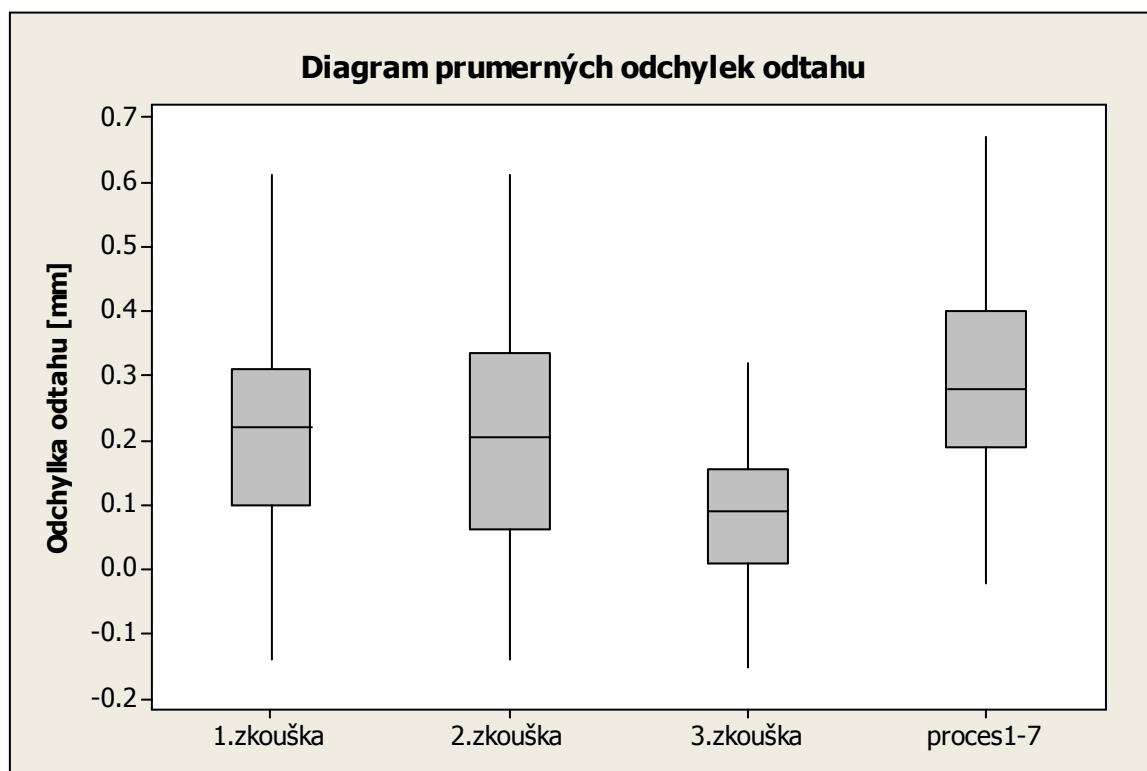
Důvod, proč získané hodnoty nemají normální rozdělení je vidět na krabicovém grafu na Obr. 4.11. Především u procesu č. 5.2 - vytlačování trnu - je osm hodnot, které jsou znázorněny hvězdičkou a jsou nejen mimo šedý obdélník představující interval, ve kterém se nachází polovina měřených hodnot, ale také mimo interval označený černou úsečkou, který představuje data vzdálená od dolního nebo horního kvartilu o 1,5 násobek mezikvartilového rozpětí.

Hlavním cílem třetí zkoušky bylo zjistit vliv převíjení hadice do koše na míru relaxace a sledovat, zda odlišný způsob odvíjení hadice na lince konečné úpravy povede k menšímu natahování hadice.



Obr. 4.12 Vliv jednotlivých parametrů na změnu odtahu.

Jak ukazuje diagram na Obr. 4.12, změna způsobu navíjení má pozitivní vliv na stabilitu odtahu. Při stáčení hadic na lince konečné úpravy (proces 6.0) totiž nedochází k natahování hadice. Podle grafu vlevo dole na stejném obrázku je vidět, že velikost odtahu závisí také na pořadí vzorku ve výrobní dávce. Tyto odchylky jsou však způsobeny již popsáním natahování hadice během problematického vytlačování trnu a objevily se jen na některých úsecích hadice. Z tohoto důvodu není možné hledat jakoukoliv pravidelnost nebo souvislost velikosti odtahu v závislosti na pořadí vzorku ve výrobní dávce.



Obr. 4.13 Krabicový diagram průměrných odchylek odtahu.

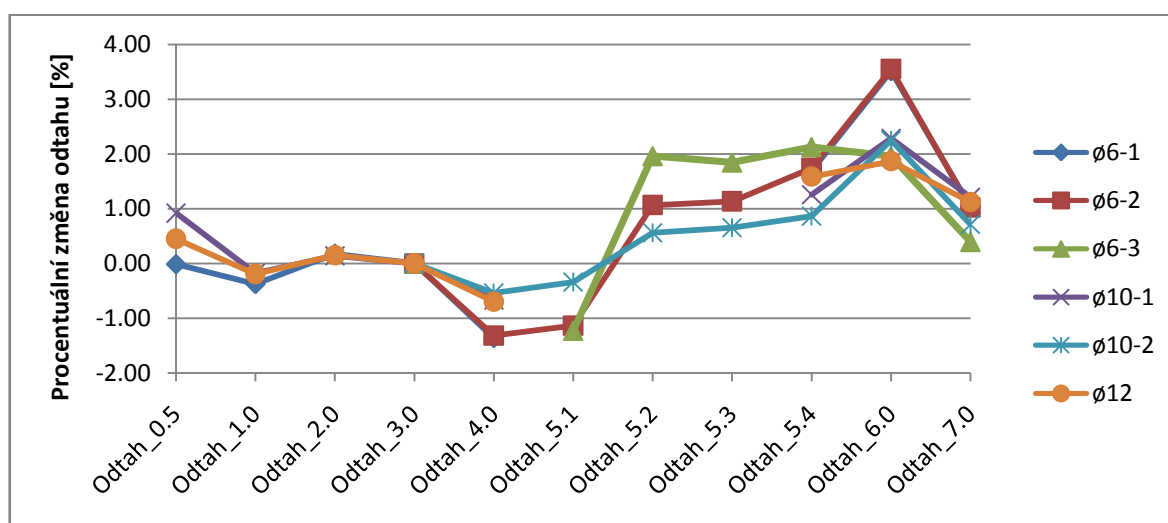
Porovnání výsledků ze všech tří zkoušek je provedeno pomocí krabicového diagramu na Obr. 4.13. Pro srovnávání musí být stejné podmínky, a proto byly spočítány difference mezi prvním a posledním procesem, na kterých byly ve všech třech zkouškách měřeny hodnoty. Těmito procesy jsou bandážování a konečná hodnota. Rozdíly pro tyto procesy jsou představeny jako první tři obdélníky na diagramu. Je vidět velkou shodu mezi prvními dvěma zkouškami, což potvrzuje správnost měření, protože podmínky pro měření a výrobní procesy byly v obou případech stejné. Ve třetím případě byla hadice namísto přepravního bubnu stáčena do koše, což pozitivně ovlivnilo velikost rozdílu odtahu mezi bandážováním a konečnou hodnotou. Na diagramu je vidět, že šedý obdélník, který představuje polovinu spočítaných diferencí, je menší a také hodnota mediánu, zobrazeného jako černá úsečka uvnitř obdélníku, je blíže nule. To znamená, že při použití koše jako přepravní jednotky dochází k menšímu natahování hadice, což má příznivý vliv na její životnost (viz kapitola 3.2.2).

Čtvrtý obdélník představuje diferencí odtahu mezi prvním procesem (oplétáním) a konečnou hodnotou. Tyto hodnoty byly naměřeny pouze během první zkoušky. Diagram ukazuje, že mezi těmito procesy došlo k většímu natažení než mezi bandážováním a konečnou hodnotou (medián diferencí je větší).

Tab. 4.5 Výsledky všech provedených zkoušek.

Proces	1SNK ø6						2SNK ø10				2SNK ø12	
	1. zkouška [mm]	2. zkouška [mm]	3. zkouška [mm]	1. zkouška [%]	2. zkouška [%]	3. zkouška [%]	1. zkouška [mm]	2. zkouška [mm]	1. zkouška [%]	2. zkouška [%]	1. zkouška [mm]	1. zkouška [%]
0.5	21.46			-0.02			32.18		0.92		39.14	0.45
1.0	21.38			-0.38			31.83		-0.18		38.89	-0.19
2.0	21.50			0.17			31.93		0.14		39.03	0.15
3.0	21.46	21.50	21.36	0.00	0.00	0.00	31.89	31.96	0.00	0.00	38.97	0.00
4.0	21.17	21.22		-1.37	-1.31		31.67	31.79	-0.67	-0.54	38.70	-0.70
5.1		21.25	21.09		-1.13	-1.23		31.85		-0.34		
5.2		21.73	21.77		1.07	1.96		32.14		0.56		
5.3		21.74	21.75		1.13	1.84		32.17		0.65		
5.4	21.82	21.87	21.81	1.69	1.74	2.12	32.29	32.24	1.26	0.86	39.59	1.59
6.0	22.22	22.26	21.77	3.53	3.55	1.96	32.62	32.68	2.28	2.25	39.69	1.87
7.0	21.68	21.72	21.44	1.03	1.02	0.39	32.27	32.19	1.21	0.71	39.40	1.12

Všechna naměřená data jsou srovnána v Tab. 4.5, ve které je vypočítán průměr odtahu pro všechny procesy a také procentuální změna vůči velikosti odtahu při bandážování (Odtah_3.0). Data v tabulce potvrzují, že při použití košů (3. zkouška) nedochází k natažení hadic na lince konečné úpravy. Tuto skutečnost je vidět i v grafu na Obr. 4.14, kde zelená čára jako jediná klesá na LKÚ (procesu 6.0). Na grafu je rovněž vidět obdobný průběh změn odtahu u všech tří typů hadic a zobrazen je i vliv dopravníku při procesu oplétání (na grafu jako Odtah_0.5).



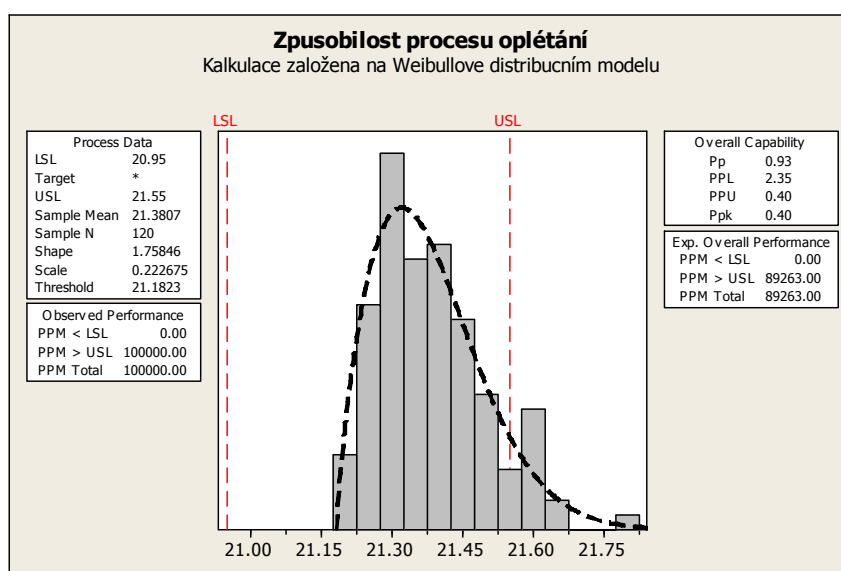
Obr. 4.14 Procentuální změna odtahu.

Číslo za průměrem hadice v legendě grafu označuje pořadové číslo zkoušky.

4.8 Způsobilost procesu

Rozsah a průběh změn odtahu nebyl doposud v provozní praxi měřen, a proto nebyly stanoveny ani celkové technologické tolerance. Byla nastavena pouze kontrolní tolerance pro proces oplétání, která pro hadice 1SNK $\varnothing 6$ je 0,6 mm, resp. kontrolní toleranční meze jsou $21,25 \pm 0,3$ mm. Jak ukázala provedená analýza opakovatelnosti a reprodukovatelnosti (viz kapitola 3.4.3), pomocí posuvného měřítka nebylo možno posoudit, zda se vyrábí v takto nastavených kontrolních tolerančních mezích.

Data získána z měření speciálním posuvným měřítkem s otočeným hrotem umožnila provést důkladnou analýzu zkoumající, zda je výrobní proces způsobilý. Pro případ, kdy jsou k dispozici naměřená data z určitého výrobního procesu a navíc je známa výrobní nebo kontrolní tolerance, je vhodné použít analýzu způsobilosti procesu v softwaru Minitab 16. Grafický výstup této analýzy je zobrazen na Obr. 4.15.



Obr. 4.15 Způsobilost procesu – měření odtahu na procesu oplétání.

V kapitole 4.1 byl proveden test, jestli data získaná na lince oplétání vykazují normální rozdělení, a tato hypotéza byla zamítnuta. Z tohoto důvodu byla pro ověření způsobilosti procesu použita analýza na základě Weibullova distribučního modelu, protože toto rozložení nejpřesněji kopíruje tvar histogramu.

Graf na Obr. 4.15 jednoznačně ukazuje, že kdyby zvolenému kontrolnímu tolerančnímu poli (na grafu označeno USL – horní mez a LSL – dolní mez) odpovídaly také výrobní tolerance, byl by výrobní proces nezpůsobilý. Kontrolní toleranční pole je však vždy menší než požadovaná výrobní tolerance, což dává obsluze čas a prostor pro provedení nápravných opatření a zamezení výroby zmetků.

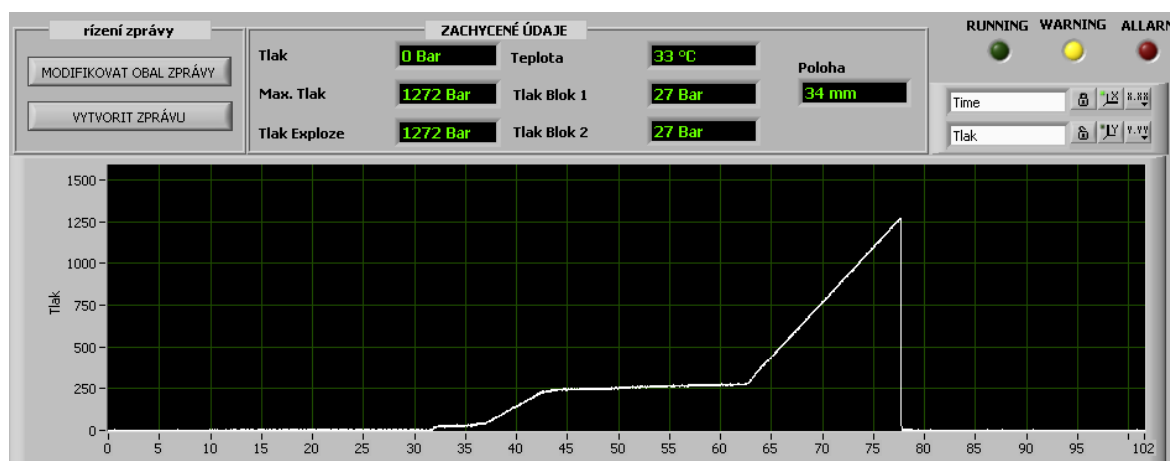
Dle analýzy způsobilosti procesu, během oplétání je 8,92% délky vyrobené hadice mimo nastavenou kontrolní toleranci. Vliv na počet hodnot mimo toleranci má poloha histogramu a směrodatná odchylka naměřených dat. Z grafu je vidět, že naprostá většina naměřených hodnot je větší než předepsána nominální hodnota odtahu 21,25 mm a dokonce 10% dat překročilo horní mez. Způsobilost výrobního procesu (vypočítaná na základě kontrolního tolerančního pole) je popsána indexem způsobilosti Pp, který má hodnotu 0,93, což je méně než běžně používaný v průmyslu limit 1,33.

Hodnoty odtahu získané během konečného měření jsou ještě větší, a proto i zmetkovitost by byla větší a dosahovala by hodnoty až 75%. V případě stáčení hadic do košů při konečném měření, kdy nárůst odtahu byl menší, by mimo kontrolní toleranci bylo 27% hodnot.

4.9 Tlaková zkouška

Oplet na hadici se vždy snaží dosáhnout neutrálního úhlu (viz kapitola 3.2.1), a proto se předpokládá, že se vzorky při natlakování na pracovní tlak budou zkracovat. Pro ověření tohoto předpokladu bylo pět vzorků podrobeno tlakové zkoušce. Zkušební stroj používaný v podniku není konstruován pro zaznamenávání prodloužení hadice při jejím tlakování, ale umožňuje je pouze sledovat. Hadice je upevněna z jedné strany v pevné čelisti, druhá čelist je pohyblivá a umožňuje hadici při tlakování volnou změnu délky. Skrze skleněný průzor ve stroji je vidět na pravítko, které je připevněno k pevné čelisti, po kterém se pohybuje hrot připevněný k pohyblivé čelisti.

Při natlakování zkušebního vzorku na pracovní tlak 250 bar (Obr. 4.16) došlo k jeho zkrácení ze 410 mm na 406 mm, což představuje necelé 1%. Tento jev potvrzuje, že v průběhu výroby dochází ke zvětšení odtahu. Přestože nastává relaxace, odtah se nevrátí k předepsané hodnotě odvozené od neutrálního úhlu.



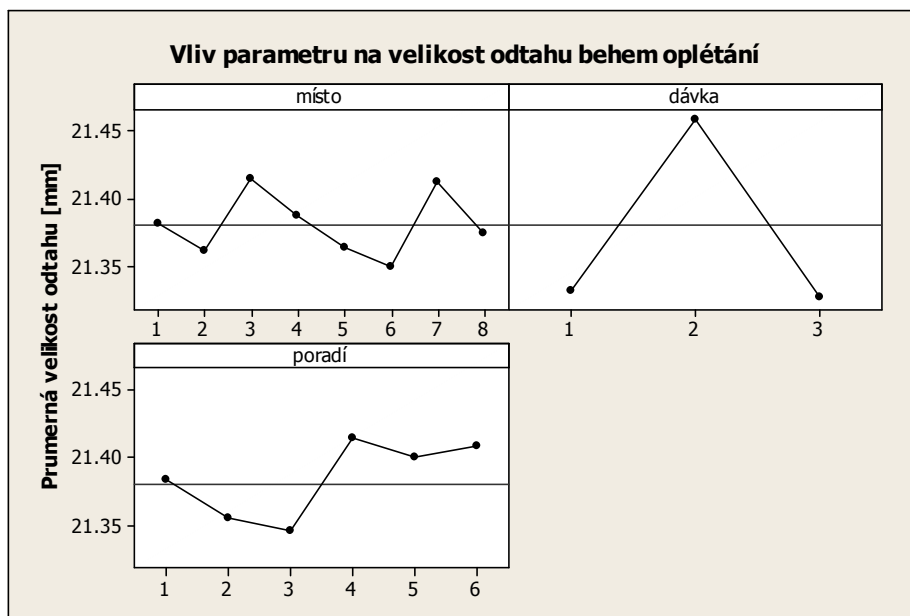
Obr. 4.16 Průběh tlakové zkoušky (na ose x – čas [s], na ose y – tlak [bar]).

5 ZHODNOCENÍ A NÁVRH

V následujících kapitolách jsou shrnuty poznatky z analýz popsanych v kapitole 4 a navrženy prostředky ke zlepšení současněho stavu.

5.1 Nový měřicí systém

Provedená studie opakovatelnosti a reprodukovatelnosti (viz kapitola 3.4.3) ukázala, že přesnost dosud používaného posuvného měřítka je nedostatečná. Z tohoto důvodu veškerá měření odtahu v této diplomové práci byla prováděna speciálním posuvným měřítkem s otočeným hrotem, které se však může považovat za způsobilé pouze v případě, že měření jsou prováděna jedním operátorem. Nová posuvná měřítka vedla k přesnějším měřením, z dlouhodobého hlediska však neumožňují dosažení požadované přesnosti.



Obr. 5.1 Vliv dávky, pořadí vzorku v dávce a místa na vzorku na velikost odtahu.

Problematická je také frekvence měření. Doposud obsluha strojů provádí měření pouze jednou za směnu. Jak je vidět na diagramech (viz Obr. 5.1) odtah během oplétání není stabilní, mění se s každou výrobní dávkou a dokonce i osciluje v jejím průběhu. Z tohoto důvodu je nutná instalace měřicího zařízení, které bude kontinuálně měřit velikost odtahu na lince oplétání.

5.1.1 Výpočet požadované přesnosti měřidla [32]

Prvním krokem před zadáním objednávky bylo spočítání požadované přesnosti měřicího systému. Podkladem pro tento výpočet byla již zavedená šířka kontrolního tolerančního pole, která činí 0,6 mm a podnikové směrnice pro řízení jakosti [33].

$$C_g = \frac{0,2 \cdot T}{6 \cdot s_g} \quad (5.1)$$

C_g - index způsobilosti

T [mm] - tolerance měřeného rozměru,

s_g [mm] - výběrová směrodatná odchylka.

Pro splnění způsobilosti měřicího systému podniková směrnice nařizuje, že hodnota indexu C_g musí být minimálně 1,33.

Tab. 5.1 Výpočet požadované přesnosti měřicího systému.

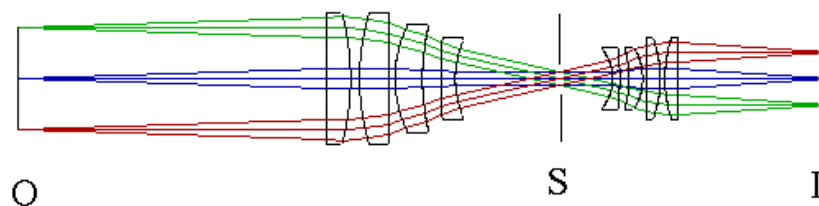
C_g		tolerance [mm]							
		1	0.9	0.80	0.70	0.60	0.50	0.40	0.30
výb. směrodatná odchylka [mm]	0.005	6.67	6.00	5.33	4.67	4.00	3.33	2.67	2.00
	0.01	3.33	3.00	2.67	2.33	2.00	1.67	1.33	1.00
	0.015	2.22	2.00	1.78	1.56	1.33	1.11	0.89	0.67
	0.02	1.67	1.50	1.33	1.17	1.00	0.83	0.67	0.50
	0.025	1.33	1.20	1.07	0.93	0.80	0.67	0.53	0.40
	0.03	1.11	1.00	0.89	0.78	0.67	0.56	0.44	0.33
	0.035	0.95	0.86	0.76	0.67	0.57	0.48	0.38	0.29
	0.04	0.83	0.75	0.67	0.58	0.50	0.42	0.33	0.25
	0.045	0.74	0.67	0.59	0.52	0.44	0.37	0.30	0.22
	0.05	0.67	0.60	0.53	0.47	0.40	0.33	0.27	0.20

Vypočtena data v Tab. 5.1 ukazují, že pokud by se mělo vyrábět s přesností 0,8 mm, měřicí systém by musel měřit se směrodatnou odchylkou ve výši maximálně 0,02 mm, aby byl posouzen jako způsobilý.

5.1.2 Návrh měřicího systému

Pro bezkontaktní kontinuální měření složitých veličin ve výrobě nejlépe slouží princip strojového vidění, které je založeno na snímání sledovaného objektu průmyslovou kamerou a následném softwarovém vyhodnocování pořízených snímků.

Při procesu oplétání však vznikají na hadici vibrace, které mohou mít negativní vliv na přesnost měření odtahu. Kdyby nebylo možné eliminovat vibrace hadice, bylo by nutné použít místo standardního objektivu pro kameru speciální telecentrický objektiv, který snímá pouze paprsky přicházející rovnoběžně s osou objektivu (Obr. 5.2). Tím je eliminován vliv změny vzdálenosti sledovaného objektu od objektivu.



Obr. 5.2 Princip telecentrického objektivu [34].

O – snímáný objekt,

I – čip kamery,

S – aperturní clona.

Poptávka na návrh měřicího systému byla zaslána pěti firmám a obsahovala následující požadavky:

- kontinuální měření odtahu pro různé typy hadic (velikost odtahu od 20 do 80 mm),
- přesnost měřicího systému do 0,02 mm,
- přizpůsobení systému pracovnímu prostředí – vibrace a nečistoty.

5.1.3 Nabídka firmy

Některé společnosti nebyly schopné vyhovět požadavkům, avšak dvě firmy zaslaly návrh řešení spolu s cenovou nabídkou. V následujících odstavcích jsou podrobně rozepsány dvě varianty navrhovaného měřicího systému.

Seznam hardware a software:

· digitální kamera	1x	19.500,- Kč bez DPH
· objektiv	1x	4.000,- Kč bez DPH
· telecentrický objektiv	1x	38.000,- Kč bez DPH
· plošný LED osvětlovač	1x	8.000,- Kč bez DPH
· 19“ PC do racku (osazené)	1x	27.500,- Kč bez DPH
· 19" rozvaděč, jednoduchý	1x	9.500,- Kč bez DPH
· GigE switch – 5ti portový	1x	4.000,- Kč bez DPH
· 19“ GigE switch 24 port	1x	12.000,- Kč bez DPH
· zdroj napájení 24V 1A	1x	1.000,- Kč bez DPH
· zdroj napájení 12V 1A	1x	1.000,- Kč bez DPH
· rozváděčová skříňka s el.	1x	2.000,- Kč bez DPH
· PC, monitor	1x	9.500,- Kč bez DPH
· kabeláž	Kč/m	15,- Kč bez DPH
· vývoj software	1x	225.000,- Kč bez DPH
· školení obsluhy a údržby	1x	ZDARMA

Výpočet celkové ceny pro 42 strojů:

· 6x 19“ PC 2U	165.000,- Kč bez DPH
· 1x 19" rozvaděč, jednoduchý	9.500,- Kč bez DPH
· 3x 19“ GigE switch - 24 port	36.000,- Kč bez DPH
· 42x zdroj napájení 24V 1A	42.000,- Kč bez DPH
· 42x digitální kamera M150	819.000,- Kč bez DPH
· 42x objektiv	168.000,- Kč bez DPH
· 42x plošný LED osvětlovač	336.000,- Kč bez DPH
· 1x PC, monitor	9.500,- Kč bez DPH
· software	225.000,- Kč bez DPH
· montáž	315.000,- Kč bez DPH
· oživení	105.000,- Kč bez DPH
· kabeláž 1000 m	15.000,- Kč bez DPH

Celkem: 2.245.000,- Kč bez DPH

V případě, že stroj bude oplétat hadici se stoupáním větším než 60 mm, je zapotřebí dodat sérii: kamera + objektiv + světlo. Tedy vždy plus 31.500,- Kč bez DPH na každý takový stroj.

- digitální kamera 19.500,- Kč bez DPH
- objektiv 4.000,- Kč bez DPH
- plošný LED osvětlovač 8.000,- Kč bez DPH

Tento příklad je počítán pro variantu, kdy se podaří odstranit mechanické vibrace, tedy kdy je možné použít standardní objektiv. V případě nutnosti použití telecentrického objektivu, kde příplatek oproti standardnímu objektivu je 34.000 Kč, by se celková cena zvýšila o $42 \cdot 34.000 = 1.428.000$ Kč. Výsledná cena pro měřicí systém s telecentrickým objektivem by byla **3.673.000 Kč bez DPH**.

Investice do kamerového systému měření odtahu není nejlevnější, avšak dovolí sledovat a potažmo i kontrolovat velikost odtahu v průběhu výroby. Tento systém pomůže zvýšit kvalitu vyráběných hadic a může zamezit případným reklamacím, jejichž hodnota může dokonce i převyšovat pořizovací náklady měřicího systému.

5.2 Změna odchylky odtahu

Z výsledků provedených analýz v kapitole 4 jednoznačně vyplývá, že k největšímu nárůstu odtahu dochází během vytlačování trnu na zkušební stanici a při přetáčení hadice na lince konečné úpravy. Prodloužení vznikajícímu na LKÚ je možno zamezit, pokud místo přepravních bubnů jsou hadice na zkušební stanici volně stáčený do košů. Natahování hadice při vytlačování trnu nelze odstranit, je však možné je minimalizovat. Je nezbytně nutné dodržovat pracovní instrukce, především před vytlačováním trnu vyčkat, až bude v celé hadici napuštěna voda a teprve potom zvýšit tlak. V žádném případě obsluha nesmí překračovat maximální hodnotu tlaku. Při potížích s vytlačováním je nutné hadici rozřezat na kratší délky a zkoušet vytlačovat při minimálním možném tlaku.

5.3 Návrh hodnoty odtahu

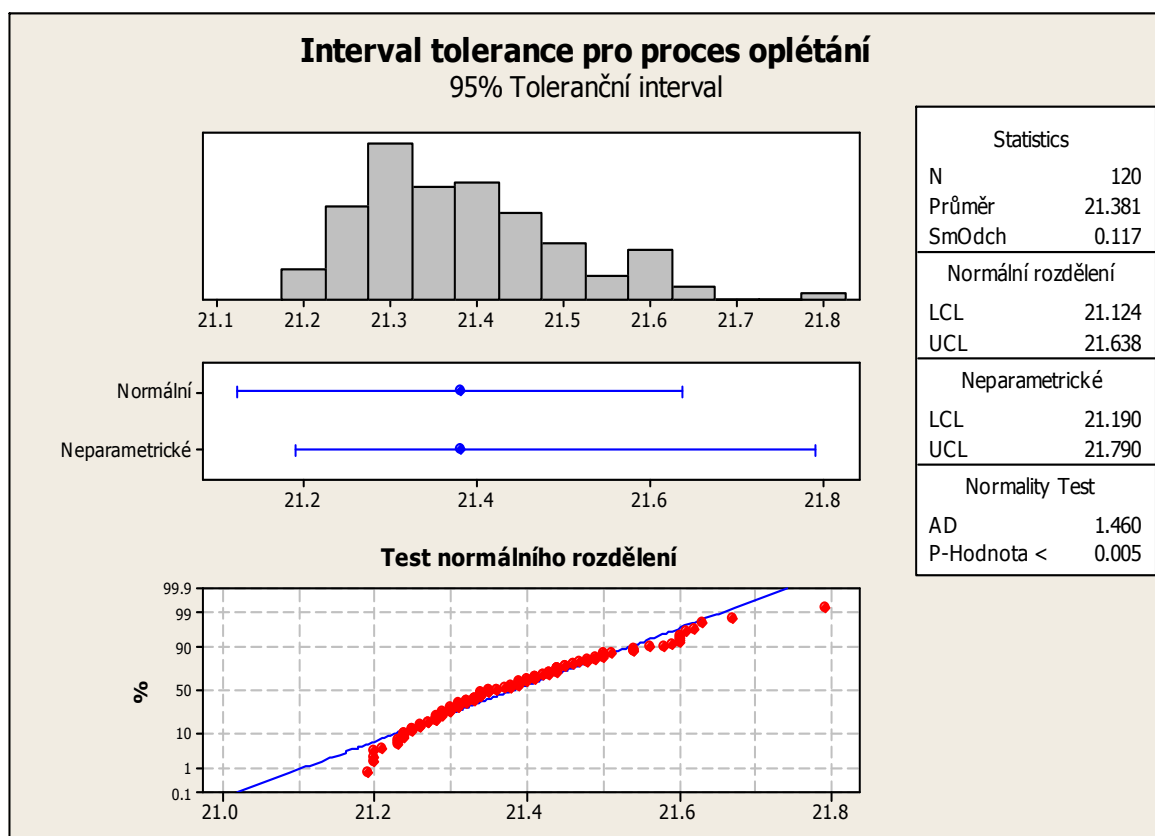
Průměrná hodnota odtahu během oplétání u hadice 1SNK $\varnothing 6$ mm je 21,38 mm (Obr. 5.3) čímž je o 0,13 mm větší než předepsána hodnota. Tato odchylka je způsobena chybným nastavením rychlosti dopravníku nebo otáček hlavy oplétacího stroje.

Mezi procesem bandážování a konečnou hodnotou se velikost odtahu u hadice o průměru 6 mm zvětší o cca 1%. V případě stáčení hadic na zkušební stanici do přepravních košů je nárůst odtahu 0,4%. K této hodnotě je nutno přičíst nárůst odtahu mezi oplétáním a bandážováním, který činí také 0,4%, proto celkové prodloužení odtahu mezi prvním a posledním procesem je 0,8%.

S tímto nárůstem odtahu je třeba počítat a snížit velikost odtahu při oplétání o 0,8%, čemuž odpovídá 0,17 mm. Z tohoto důvodu je doporučeno změnit nastavovanou hodnotu odtahu z 21,25 mm na 21,10 mm.

5.4 Návrh kontrolní tolerance

V grafické závislosti na Obr. 5.3 je zobrazen histogram získaných dat během první zkoušky na hadici 1SNK $\varnothing 6$ při procesu oplétání. Modré úsečky na diagramu pod histogramem představují 95% toleranční interval pro normální (resp. neparametrické) rozdělení, což znamená, že s 95% pravděpodobností se v tomto intervalu bude vyskytovat naměřená hodnota [29].



Obr. 5.3 Interval tolerance pro proces oplétání.

Protože se nejedná o normální rozdělení, o čemž svědčí P-Hodnota, která je menší než limitní 0,005, pro výpočet šířky tolerančního intervalu je nutné použít meze získané z neparametrické metody:

$$T = UCL - LCL \text{ [mm]}, \quad (5.2)$$

kde: T [mm] - tolerance,
 UCL [mm] - horní kontrolní mez (Upper Control Limit),
 LCL [mm] - dolní kontrolní mez (Lower Control Limit).

Proto platí:

$$T = 21,190 - 21,790 = 0,6 \text{ mm}$$

Velikost tolerance vypočítané dle vzorce 5.2 je shodná s nastavenou kontrolní tolerancí procesu, proto není nutné provádět změny v nastavení této tolerance.

5.5 Návrh technické tolerance

Dle podnikové směrnice [33] je proces považován za způsobilý, pokud je index C_p větší než 1,33.

Vztah pro výpočet indexu C_p :

$$C_p = \frac{T}{6 \cdot \sigma} \quad [-], \quad (5.3)$$

kde: T [mm] - technická (výrobní) tolerance,
 σ [mm] - směrodatná odchylka.

Odvozením ze vzorce 5.3:

$$T = C_p \cdot 6 \cdot \sigma \quad [mm], \quad (5.4)$$

po dosazení směrodatné odchylky spočítané v grafu na Obr.5.3 a požadovaného indexu C_p :

$$T = 1,33 \cdot 6 \cdot 0,117 \approx 0,93 \quad [mm]$$

Technickou toleranci je dle výpočtu založeného na výrobní přesnosti stroje doporučeno nastavit na hodnotu 0,9 mm.

ZÁVĚR

Provedení analýzy opakovatelnosti a reprodukovatelnosti ukázalo, že doposud používané měřidlo není způsobilé, proto bylo objednáno speciální posuvné měřítko s otočeným hrotem. Následná analýza Gauge R&R ukázala, že došlo ke zvýšení přesnosti měření, a proto nové měřidlo může být z výhradami použito pro účel této diplomové práce.

Pro zjištění vlivů procesů na odchylku odtahu bylo naměřeno celkem 3038 hodnot, které byly podrobeny statistickým analýzám v softwaru Minitab 16.

Tímto způsobem byly nalezeny dva procesy, které se v největší míře podílejí na natahování hydraulických hadic. Pro přesné určení místa vzniku prodloužení byla provedena další měření soustředěná na klíčový proces, která určila hlavní příčinu odchylky odtahu. Bylo navrženo nápravné opatření a ověřen jeho přínos pro stabilitu odtahu.

Mezi nejdůležitější výstupy této diplomové práce patří zejména:

- návrh přesnějšího měřicího systému, který umožní kontinuální sledování velikosti odtahu, a který splňuje požadavky kladené podnikovou normou,
- návrh nominální hodnoty odtahu pro proces oplétání, který zohledňuje výsledky provedených analýz,
- návrh kontrolní a technické tolerance odtahu,
- doporučení používání košů namísto bubnů jako přepravní jednotky.

Všechny cíle diplomové práce byly splněny.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. ŠPŮREK, F. *100 let závodu Optimit v Odrách. Odry*, 1966, 118 s.
2. ROLLEDER, A. *Geschichte der Stadt und des Gerichtsbezirkes Odrau.*, Steyr, 1903., 760 s.
3. ROLLEDER, A. *Dějiny města a soudního okresu Odry*. [Přel.] Běláková, Odry, 2002, 590 s., ISBN 80-254-1915-0.
4. SEMPERFLEX OPTIMIT s.r.o., *Informační tabule - historie*. Odry, 2006.
5. KAUFFMAN, G. B. *Charles Goodyear (1800–1860), American Inventor, on the Bicentennial of His Birth, The Chemical Educator*, 2001, s. 50-54, ISSN 1430-4171.
6. SEMPERIT AG Holding, *2011 Annual report*, Vídeň, 2011, 165 s.
7. *Katalog, Hydraulické hadice Semperit*, Vydání: 2006 CZ/E, SEMPERIT AG Holding, Vídeň, 2006, 16 s.
8. *Schlauchleitungen für die Fluidtechnik*, 5. Auflage, 2009, 512 s., ISBN 3410176470.
9. SEMPERFLEX OPTIMIT s.r.o., Technologický reglement pro výrobu hadic, *Pracovní instrukce pro výrobu duší na lince Dunst – Kap. 2.3*, Platnost od 8.6.2010, Odry, 10 s.
10. SEMPERFLEX HYDRAULIC, *Technical description of braiding process*. 30.7.2009, Wimpasing, 2009, 17 s.
11. POWELL, S., M. SWAILS, W. FISHER a D. BLASKO. *Thermoplastic reinforced hose construction* [patent]. USA. 138/125, 10/040809. Uděleno 10/26/2004.
12. D'AMICO, J. *High pressure flexible hose* [patent]. USA. 138/125, 10/909936. Uděleno 12/27/2005.
13. SEMPERIT AG, Informační tabule, *SEM-349 Infotafeln*, Wimpasing, 2009.
14. MAGNATECH INTERNATIONAL INC., *RB-2™ rotary wire & textile braider*, [online]. [vid. 22. března 2012]. Dostupné z <http://www.magnatech-int.com>.
15. FRANTA, I. a kol. *Gumárenské technologie II. - Zpracování kaučuku a vlastnosti pryže*. Praha : SNTL, 1969.
16. MALÁČ, J. *Gumárenská technologie*. 1. vyd. Zlín : Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2005. 156 s.
17. KLIMÁNEK, J., SÁHOVÁ, V. *Technologie pro obor gumař*, SNTL Praha, 1983.
18. MARCÍN, J. *Vulkanizace*. Praha, SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1972. 159 s. ISBN 04-624-72.
19. HADERKA, M. *Vliv parametrů vulkanizace na mechanické vlastnosti elastomerů*, Zlín 2006. Diplomová práce, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, 67 s.
20. HACHEMI, H., KEBIR, H., ROELANDT, J., M., WINTREBERT E. *A study of the braided corrugated hoses: Behavior and life estimation*, Materials and Design, Volume 32, Issue 4, April 2011, Pages 1957-1966, ISSN 0261-3069.
21. ROYLANCE, D. *Pressure vessels*, Department of Materials Science and Engineering Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA 02139, August 23, 2001.

22. Mezinárodní metrologický slovník - *Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM)*, TNI 01 0115, 2009, 90 s.
23. BEDNÁŘ, J. MSA-Analýza systému měření, pp.18-23, ČVUT Praha, conference paper, akce: *1. konference Centra pro jakost a spolehlivost výrob*, Praha, 30.01.2007-01.02.2007, ISBN 978-80-01-03709-6.
24. ISO 5725-2:1994 *Přesnost (správnost a shodnost) metod a výsledků měření - Část 2: Základní metoda pro stanovení opakovatelnosti a reprodukovatelnosti normalizované metody měření* (01 0251).
25. MELOUN, M., MILITKÝ, J. *Kompendium statistického zpracování dat*. Academica, Praha, 2002, 766 s., ISBN 80-200-1008-4.
26. ANDĚL, J. *Statistické metody*. Matfyzpress, Praha 1998, 274 s. ISBN 978-80-7378-003-6.
27. BAŠTINEC, J. *Statistika, operační výzkum, stochastické procesy*. Skripta FEKT VUT v Brně, Brno 2009.
28. PAVLÍK, J. *Aplikovaná statistika*. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha 2005. ISBN 80-7080-569-2.
29. MINITAB Inc. Minitab User' s Guide 2: *Data Analysis and Quality tools*. USA, 2000. ISBN 9780925636447
30. *Statistika*, Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, Fakulta veterinárního lékařství. [online]. [vid. 30. března 2012] Dostupné z: <http://cit.vfu.cz/stat/FVL/Teorie/Predn3/ttest.htm>.
31. BOWER, K., M. *The Paired T-Test Using MINITAB*. [online]. [vid. 12. dubna 2012]. Dostupné z: http://www.minitab.com/uploadedFiles/Shared_Resources/Documents/Articles/paired_t_test.pdf.
32. PERNIKÁŘ, J. Hodnocení způsobilosti kontrolních prostředků. In *Sborník přednášek z mezinárodní konference v oboru měření délek, geometrických veličin a struktury povrchu KVALITA A GPS 2005*. Brno: 2005. s. 97-100. ISBN: 80-214-3033- 8.
33. SEMPERFLEX OPTIMIT s.r.o., *Statistika*, Směrnice - SQ8801, Platí od: 1.července 2012, Odry, 21 s.
34. SIMANEC, D. *Telecentric Lens Systems*. Lock Haven University. [online]. [vid. 5. května 2012]. Dostupné z: <http://www.lhup.edu/~dsimane/3d/telecent.htm>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
EBIT	[€]	Zisk před úroky a zdaněním
HH	[-]	Hydraulická hadice
LCL	[mm]	Dolní kontrolní mez
LKÚ	[-]	Linka konečné úpravy
MZG	[-]	Meziguma
OH	[mm]	Obvod opletené hadice
PA	[-]	Polyamid
PP	[-]	Polypropylen
UCL	[mm]	Horní kontrolní mez
č. vz.	[-]	Číslo vzorku
mil.	[-]	Milion
mld.	[-]	Miliarda

Symbol	Jednotka	Popis
N	[-]	Počet naměřených hodnot
T	[mm]	Tolerance
b	[mm]	Tloušťka stěny hadice
n	[min ⁻¹]	Otáčky hlavy
n_d	[-]	Počet drátů
p	[mm]	Odtah
p₀	[bar]	Zkušební tlak
p₃	[bar]	Maximální zkušební tlak
p_r	[bar]	Pracovní tlak
r	[mm]	Průměr hadice
v	[m.min ⁻¹]	Rychlost dopravníku
γ	[°]	Úhel oplétání
σ_T²	[-]	Variabilita zaznamenaných dat
σ_P²	[-]	Variabilita procesu
σ_m²	[-]	Variabilita měřicího systému
σ_θ	[MPa]	Obvodové napětí
σ_z	[MPa]	Axiální napětí

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Gauge R&R pro standardní posuvné měřítko.
Příloha 2	Gauge R&R pro posuvné měřítko s otočeným hrotem.
Příloha 3	Stabilita odtahu na půlmetrovém vzorku.
Příloha 4	Naměřené hodnoty - první zkouška.
Příloha 5	Naměřené hodnoty - druhá zkouška.
Příloha 6	Naměřené hodnoty - třetí zkouška.
Příloha 7	Diagram interakce.

PŘÍLOHA 1

Gauge R&R pro standardní posuvné měřítko.

vzorek č_1	naměřeno opérátorem_1	vzorek č_2	naměřeno opérátorem_2	vzorek č_3	naměřeno opérátorem_3
1	39.06	1	39.11	1	38.94
2	39.58	2	39.42	2	39.32
3	39.71	3	39.61	3	39.52
4	39.42	4	39.21	4	39.16
5	39.52	5	39.58	5	39.36
6	39.48	6	39.45	6	39.32
7	38.9	7	39.05	7	39.1
8	39.67	8	39.57	8	39.5
9	39.81	9	39.64	9	39.56
10	39.31	10	39.07	10	39.13
1	39.14	1	39.03	1	38.95
2	39.65	2	39.53	2	39.41
3	39.81	3	39.68	3	39.58
4	39.36	4	39.18	4	39.35
5	39.5	5	39.6	5	39.37
6	39.43	6	39.5	6	39.35
7	38.95	7	39	7	39.12
8	39.56	8	39.55	8	39.46
9	39.85	9	39.75	9	39.6
10	39.18	10	39.2	10	39.19

PŘÍLOHA 2

Gauge R&R pro posuvné měřítko s otočeným hrotem.

vzorek č_1	naměřeno opérátorem_1	vzorek č_2	naměřeno opérátorem_2	vzorek č_3	naměřeno opérátorem_3
1	39.06	1	39	1	38.91
2	39.52	2	39.42	2	39.33
3	39.68	3	39.56	3	39.51
4	39.37	4	39.29	4	39.21
5	39.51	5	39.5	5	39.45
6	39.36	6	39.41	6	39.24
7	38.99	7	39.08	7	39.02
8	39.46	8	39.5	8	39.38
9	39.71	9	39.77	9	39.63
10	39.13	10	39.19	10	39.12
1	39.04	1	38.99	1	38.98
2	39.48	2	39.45	2	39.39
3	39.71	3	39.61	3	39.54
4	39.38	4	39.31	4	39.21
5	39.48	5	39.49	5	39.39
6	39.39	6	39.35	6	39.27
7	39.01	7	39.04	7	38.98
8	39.43	8	39.45	8	39.33
9	39.75	9	39.74	9	39.56
10	39.1	10	39.21	10	39.11

PŘÍLOHA 3

Stabilita odtahu na půlmetrovém vzorku.

	Odtah [mm]				
1. řada	27.36	27.81	27.28	27.25	27.29
	27.47	27.75	27.38	27.21	27.27
	27.64	27.63	27.29	27.23	27.30
	27.77	27.52	27.23	27.31	27.25
	27.79	27.40	27.23	27.33	27.21
	27.88	27.31	27.23	27.31	27.11
	27.87	27.25	27.24	27.23	27.09
	27.91	27.26	27.24	27.22	27.10
	27.91	27.26	27.21	27.24	27.11
	27.82	27.33	27.16	27.24	27.13
2. řada	27.42	27.74	27.31	27.30	27.24
	27.53	27.70	27.35	27.20	27.26
	27.58	27.65	27.32	27.25	27.27
	27.67	27.55	27.31	27.30	27.20
	27.73	27.46	27.28	27.32	27.16
	27.89	27.25	27.23	27.33	27.08
	27.95	27.16	27.26	27.24	27.07
	27.96	27.20	27.21	27.21	27.03
	27.93	27.23	27.30	27.20	27.01
	27.87	27.27	27.24	27.21	27.02
3. řada	27.48	27.89	27.36	27.24	27.29
	27.66	27.76	27.35	27.26	27.33
	27.76	27.66	27.27	27.33	27.35
	27.88	27.51	27.23	27.38	27.28
	27.88	27.46	27.24	27.34	27.20
	27.98	27.31	27.33	27.28	27.15
	27.99	27.24	27.33	27.28	27.10
	28.01	27.21	27.32	27.18	27.06
	27.97	27.30	27.29	27.15	27.06
	27.91	27.31	27.25	27.21	27.11
4. řada	27.62	27.90	27.38	27.24	27.38
	27.77	27.76	27.34	27.34	27.36
	27.83	27.71	27.23	27.34	27.35
	27.93	27.51	27.26	27.40	27.28
	27.96	27.43	27.32	27.36	27.22
	28.07	27.33	27.30	27.30	27.19
	28.06	27.28	27.31	27.25	27.15
	28.03	27.33	27.30	27.22	27.18
	28.06	27.35	27.26	27.24	27.20
	27.96	27.41	27.23	27.32	27.18
5. řada	27.63	27.89	27.40	27.22	27.41
	27.84	27.75	27.30	27.29	27.36
	27.89	27.67	27.25	27.34	27.37
	28.02	27.54	27.27	27.39	27.29
	28.02	27.45	27.25	27.37	27.27
	28.03	27.34	27.28	27.39	27.26
	27.98	27.34	27.23	27.35	27.23
	28.06	27.33	27.25	27.33	27.17
	27.98	27.35	27.21	27.30	27.19
	27.94	27.40	27.21	27.32	27.23

PŘÍLOHA 4

Naměřené hodnoty - první zkouška.

č. vzorku	21,25 ± 0,3 mm	místo na vzorku							
	proces	1	2	3	4	5	6	7	8
6.1.1	Oplet - před dopravníkem	21.41	21.49	21.36	21.47				
	Oplet - za dopravníkem	21.28	21.30	21.44	21.49	21.23	21.37	21.47	21.35
	Vytlačování obalu	21.29	21.42	21.55	21.61	21.34	21.45	21.56	21.35
	Bandážování	21.32	21.36	21.52	21.54	21.34	21.54	21.51	21.39
	Debandážování	21.02	21.13	20.96	21.22	20.98	21.06	21.09	21.11
	Zkušební stanice	21.57	21.89	22.03	22.09	21.90	21.74	21.91	21.72
	LKÚ	22.14	22.33	22.55	22.54	22.50	22.37	22.40	22.41
	Konečná hodnota	21.49	21.62	21.83	21.79	21.84	21.86	21.76	21.55
6.1.2	Oplet - před dopravníkem	21.36	21.39	21.45	21.42				
	Oplet - za dopravníkem	21.31	21.34	21.30	21.33	21.45	21.35	21.31	21.25
	Vytlačování obalu		21.25	21.33	21.46	21.53	21.53	21.40	21.21
	Bandážování		21.25	21.33	21.47	21.47	21.40	21.34	21.21
	Debandážování		21.18	21.12	21.30	21.07	20.98	20.96	21.00
	Zkušební stanice	21.55	21.75	21.87	21.95	21.80	21.75	21.62	21.74
	LKÚ	21.65	21.90	21.95	21.91	21.86	21.78	21.81	21.96
	Konečná hodnota	21.35	21.62	21.57	21.68	21.69	21.63	21.49	21.37
6.1.3	Oplet - před dopravníkem	21.52	21.50	21.48	21.45				
	Oplet - za dopravníkem	21.30	21.29	21.34	21.19	21.32	21.28	21.30	21.31
	Vytlačování obalu								
	Bandážování	21.03	21.40	21.52	21.36	21.36	21.40	21.49	21.41
	Debandážování	20.70	21.06	21.08	20.98	21.36	21.18	21.30	21.08
	Zkušební stanice	21.42	21.51	21.57	21.45	21.68	21.61	21.61	21.49
	LKÚ	21.68	21.95	22.09	21.68	21.76	21.79	21.91	21.84
	Konečná hodnota	21.33	21.54	21.58	21.39	21.63	21.53	21.61	21.51
6.1.4	Oplet - před dopravníkem	21.51	21.54	21.65	21.66				
	Oplet - za dopravníkem	21.39	21.50	21.34	21.24	21.27	21.25	21.33	21.40
	Vytlačování obalu	21.31	21.57	21.43	21.33	21.54	21.40	21.44	21.48
	Bandážování	21.21	21.40	21.31	21.24	21.35	21.27	21.30	21.37
	Debandážování	21.13	21.30	20.93	21.00	20.95	20.75	20.82	21.00
	Zkušební stanice	21.99	22.11	21.89	21.87	21.76	21.72	21.74	21.93
	LKÚ	22.41	22.66	22.33	22.38	22.29	22.41	22.59	22.28
	Konečná hodnota	21.65	21.90	21.54	21.63	21.55	21.44	21.54	21.63

6.2.1	Oplet - před dopravníkem	21.40	21.41	21.34	21.50				
	Oplet - za dopravníkem	21.60	21.61	21.50	21.44	21.54	21.20	21.36	21.60
	Vytlačování obalu	21.62	21.73	21.60	21.59	21.71	21.36	21.49	21.66
	Bandážování	21.55	21.65	21.52	21.50	21.63	21.28	21.45	21.61
	Debandážování	21.61	21.53	21.34	21.46	21.50	21.18	21.28	21.54
	Zkušební stanice	22.30	22.10	21.85	22.06	21.96	21.78	22.01	22.03
	LKÚ	22.64	22.57	22.48	22.55	22.51	22.07	22.20	22.32
	Konečná hodnota	21.76	21.88	21.68	21.84	21.83	21.57	21.66	21.81
6.2.2	Oplet - před dopravníkem	21.48	21.52	21.44	21.45				
	Oplet - za dopravníkem	21.40	21.39	21.41	21.48	21.29	21.39	21.42	21.38
	Vytlačování obalu	21.53	21.52	21.57	21.58	21.40	21.49	21.54	21.54
	Bandážování	21.47	21.47	21.52	21.55	21.39	21.46	21.50	21.51
	Debandážování	20.93	21.00	21.01	21.15	21.16	21.15	21.29	21.25
	Zkušební stanice	21.93	22.13	22.23	22.24	22.13	22.06	22.20	22.23
	LKÚ	22.30	22.42	22.36	22.32	22.29	22.24	22.37	22.30
	Konečná hodnota	21.52	21.77	21.76	21.74	21.75	21.70	21.81	21.78
6.2.3	Oplet - před dopravníkem	21.29	21.54	21.30	21.30				
	Oplet - za dopravníkem	21.29	21.29	21.60	21.44	21.44	21.54	21.62	21.50
	Vytlačování obalu	21.42	21.46	21.74	21.55	21.56	21.63	21.72	21.51
	Bandážování	21.37	21.34	21.68	21.50	21.55	21.64	21.73	21.49
	Debandážování	21.23	21.26	21.58	21.28	21.17	21.43	21.56	21.23
	Zkušební stanice	21.62	21.66	21.85	21.61	21.80	22.00	22.06	21.80
	LKÚ	22.43	22.50	22.68	22.57	22.16	22.40	22.36	22.22
	Konečná hodnota	21.68	21.63	21.94	21.81	21.56	21.94	21.86	21.68
6.2.4	Oplet - před dopravníkem	21.67	21.45	21.46	21.54				
	Oplet - za dopravníkem	21.63	21.43	21.54	21.67	21.45	21.43	21.79	21.48
	Vytlačování obalu	21.78	21.64	21.65	21.82	21.56	21.53	21.86	21.59
	Bandážování	21.67	21.47	21.60	21.72	21.56	21.49	21.85	21.57
	Debandážování	21.34	20.98	21.23	21.21	20.85	21.02	21.20	20.96
	Zkušební stanice	21.62	21.50	21.80	21.77	21.80	21.72	21.86	21.54
	LKÚ	23.02	22.55	22.99	23.01	22.60	22.72	22.86	22.60
	Konečná hodnota	22.11	21.93	22.14	22.18	21.90	22.10	22.23	21.93
6.2.5	Oplet - před dopravníkem	21.29	21.32	21.31	21.53				
	Oplet - za dopravníkem	21.51	21.34	21.34	21.56	21.49	21.46	21.59	21.26
	Vytlačování obalu	21.58	21.48	21.50	21.64	21.57	21.55	21.60	21.36
	Bandážování	21.56	21.37	21.38	21.60	21.55	21.53	21.56	21.24
	Debandážování	21.54	21.02	21.42	21.20	21.21	21.28	21.33	21.08
	Zkušební stanice	21.99	21.51	21.61	21.91	21.82	21.62	21.72	21.40
	LKÚ	22.94	22.63	22.67	22.99	22.66	22.54	22.72	22.38
	Konečná hodnota	22.02	21.68	21.67	22.01	22.00	21.87	21.99	21.66
6.2.6	Oplet - před dopravníkem	21.55	21.48	21.41	21.39				
	Oplet - za dopravníkem	21.24	21.35	21.58	21.39	21.40	21.41	21.46	21.44
	Vytlačování obalu	21.45	21.54	21.83	21.60	21.61	21.66	21.63	21.64
	Bandážování	21.40	21.51	21.74	21.57	21.60	21.67	21.63	21.70
	Debandážování	20.97	21.11	21.29	21.21	21.01	21.16	21.20	21.39
	Zkušební stanice	21.82	21.96	22.10	21.88	21.50	21.62	21.72	21.83
	LKÚ	21.98	21.93	22.11	22.02	21.72	21.73	21.84	22.05
	Konečná hodnota	21.54	21.62	21.80	21.73	21.46	21.62	21.64	21.86

6.3.1	Oplet - před dopravníkem	21.40 21.66 21.41 21.48
	Oplet - za dopravníkem	21.33 21.23 21.28 21.25 21.26 21.42 21.38 21.28
	Vytlačování obalu	21.47 21.37 21.37 21.36 21.35 21.51 21.49 21.34
	Bandážování	21.47 21.33 21.40 21.36 21.31 21.49 21.47 21.35
	Debandážování	
	Zkušební stanice	
	LKÚ	
6.3.2	Konečná hodnota	
	Oplet - před dopravníkem	21.40 21.42 21.60 21.41
	Oplet - za dopravníkem	21.48 21.41 21.30 21.39 21.28 21.21 21.34 21.32
	Vytlačování obalu	21.57 21.55 21.35 21.53 21.43 21.34 21.40 21.42
	Bandážování	21.63 21.56 21.38 21.54 21.46 21.42 21.50 21.48
	Debandážování	21.05 21.25 21.09 21.12 21.43 21.15 21.16 20.94
	Zkušební stanice	22.10 22.00 21.77 21.88 21.81 21.68 21.78 21.63
6.3.3	LKÚ	22.43 22.49 22.15 22.18 22.20 21.97 22.02 21.90
	Konečná hodnota	21.67 21.60 21.48 21.55 21.62 21.44 21.48 21.48
	Oplet - před dopravníkem	21.51 21.54 21.66 21.51
	Oplet - za dopravníkem	21.33 21.28 21.24 21.27 21.43 21.24 21.20 21.26
	Vytlačování obalu	21.42 21.38 21.34 21.32 21.64 21.37 21.30 21.29
	Bandážování	21.40 21.50 21.41 21.35 21.68 21.41 21.33 21.32
	Debandážování	21.13 21.16 21.26 21.33 21.33 21.16 21.20
6.3.4	Zkušební stanice	21.98 21.69 21.76 21.87 22.12 21.96 21.90 22.20
	LKÚ	
	Konečná hodnota	21.83 21.76 21.73 21.75 21.95 21.72 21.75 21.79
	Oplet - před dopravníkem	21.39 21.44 21.50 21.62
	Oplet - za dopravníkem	21.31 21.36 21.41 21.35 21.23 21.31 21.41 21.44
	Vytlačování obalu	21.36 21.44 21.40 21.50 21.35 21.45 21.44 21.50
	Bandážování	21.37 21.44 21.43 21.40 21.30 21.31 21.43 21.46
6.3.5	Debandážování	21.11 21.10 21.08 21.11 21.07 21.15 21.32 21.33
	Zkušební stanice	21.93 21.90 21.92 21.93 21.88 21.66 21.87 21.85
	LKÚ	21.92 22.12 22.04 22.04 22.01 21.65 21.84 22.02
	Konečná hodnota	21.49 21.50 21.39 21.50 21.45 21.35 21.57 21.53
	Oplet - před dopravníkem	21.44 21.41 21.48 21.20
	Oplet - za dopravníkem	21.32 21.31 21.60 21.32 21.38 21.39 21.20 21.34
	Vytlačování obalu	21.45 21.48 21.72 21.45 21.51 21.52 21.41 21.56
6.3.5	Bandážování	21.46 21.49 21.73 21.44 21.51 21.53 21.37 21.45
	Debandážování	21.37 21.12 21.43 21.34 20.89 21.01 21.03 21.22
	Zkušební stanice	22.00 21.58 21.74 21.51 21.69 21.71 21.70 21.86
	LKÚ	21.96 21.69 21.62 21.60 21.50 21.54 21.57 21.78
	Konečná hodnota	21.66 21.54 21.74 21.46 21.44 21.58 21.45 21.46

2SNK- 10	31,9 ± 0,3 mm	místo na vzorku							
	proces	1	2	3	4	5	6	7	8
10.1.1	Oplet - před dopravníkem	32.00	32.20	32.31	32.56				
	Oplet - za dopravníkem	31.82	31.92	31.72	31.77	31.90	31.94	31.80	31.89
	Vytlačování obalu	31.86	32.03	31.88	31.88	31.99	32.14	31.98	31.92
	Bandážování	31.90	32.07	31.83	31.81	31.91	32.03	31.93	31.91
	Debandážování	31.80	31.88	31.75	31.72	31.85	31.98	31.99	31.91
	Zkušební stanice	32.22	32.56	32.17	32.28	32.26	32.45	32.42	32.25
	LKÚ	32.42	32.66	32.43	32.38	32.47	32.59	32.56	32.26
	Konečná hodnota	32.14	32.37	32.11	32.17	32.17	32.44	32.29	32.33
10.1.2	Oplet - před dopravníkem	32.10	32.16	32.06	32.03				
	Oplet - za dopravníkem	31.87	31.74	31.84	31.90	31.82	31.86	31.95	31.96
	Vytlačování obalu	31.99		31.97	32.04	32.05	32.02	32.17	32.11
	Bandážování	32.02	31.93	31.98	32.02	31.96	31.96	32.14	32.07
	Debandážování	31.57	31.55	31.60	31.73	31.69	31.78	31.87	31.63
	Zkušební stanice	32.26	32.18	32.08	32.06	32.24	32.23	32.31	32.23
	LKÚ	32.55	32.52	32.43	32.45	32.46	32.46	32.49	32.43
	Konečná hodnota	32.18	32.27	32.13	32.31	32.23	32.29	32.42	32.21
10.1.3	Oplet - před dopravníkem	32.13	32.24	32.24	32.16				
	Oplet - za dopravníkem	31.80	31.84	31.86	31.84	31.86	31.92	31.79	31.84
	Vytlačování obalu	31.92		31.93	31.91	32.00		31.97	31.99
	Bandážování	31.94	31.91	32.02	31.96	31.93	32.05	31.93	31.97
	Debandážování	31.63	31.67	31.71	31.67	31.79	31.76	31.56	31.48
	Zkušební stanice	32.22	32.34	32.34	32.36	32.40	32.11	32.15	32.16
	LKÚ	32.36	32.45	32.36	32.36	32.46	32.35	32.23	32.44
	Konečná hodnota	32.07	32.11	32.10	32.21	32.28	32.34	32.14	32.11
10.1.4	Oplet - před dopravníkem	32.17	32.14	32.27	32.09				
	Oplet - za dopravníkem	31.85	31.79	31.75	31.86	31.80	31.84	31.87	31.72
	Vytlačování obalu	31.94	31.90	31.88	32.08	31.96	31.87	32.07	31.94
	Bandážování	31.95	31.93	31.89	31.95	31.89	31.84	31.96	31.83
	Debandážování	31.57	31.59	31.63	31.69	31.64	31.66	31.76	31.70
	Zkušební stanice	32.14	32.19	32.31	32.28	32.19	32.39	32.39	32.26
	LKÚ	32.38	32.23	32.34	32.28	32.36	32.28	32.64	32.61
	Konečná hodnota	32.09	32.16	32.23	32.22	32.12	32.16	32.28	32.13
10.1.5	Oplet - před dopravníkem	32.23	32.30	32.22	32.09				
	Oplet - za dopravníkem	31.89	31.84	31.80	31.88	31.69	31.87	31.78	31.76
	Vytlačování obalu	31.97	32.01	31.97	32.02	32.02	32.02	31.94	31.95
	Bandážování	31.94	32.00	31.90	31.98	31.94	31.98	31.96	31.89
	Debandážování	31.83	31.56	31.43	31.59	31.59	31.68	31.67	31.49
	Zkušební stanice	32.45	32.31	32.21	32.26	32.32	32.37	32.42	32.32
	LKÚ	32.64	32.59	32.38	32.48	32.31	32.52	32.34	32.37
	Konečná hodnota	32.36	32.32	32.15	32.22	32.14	32.34	32.25	32.16

10.2.1	Oplet - před dopravníkem	32.23	32.24	32.05	32.06				
	Oplet - za dopravníkem	31.73	31.60	31.66	31.73	31.68	31.63	31.80	31.77
	Vytlačování obalu	31.87	31.75	31.74	31.78	31.78	31.68	31.85	31.84
	Bandážování	31.79	31.75	31.79	31.79	31.77	31.71	31.85	31.84
	Debandážování	31.67	31.48	31.65	31.58	31.49	31.50	31.60	31.59
	Zkušební stanice	32.19	32.10	32.13	32.20	32.06	32.06	32.17	32.13
	LKÚ	32.72	32.76	32.67	32.63	32.38	32.53	32.66	32.67
	Konečná hodnota	32.25	32.07	32.18	32.20	32.20	32.20	32.29	32.21
10.2.2	Oplet - před dopravníkem	32.22	32.12	31.93	32.10				
	Oplet - za dopravníkem	31.68	31.64	31.60	31.61	31.57	31.46	31.67	31.56
	Vytlačování obalu	31.58	31.70	31.66	31.71	31.58	31.53	31.74	31.76
	Bandážování	31.59	31.74	31.66	31.68	31.56	31.50	31.64	31.60
	Debandážování	31.09	31.21	31.30	31.38	31.40	31.21	31.45	31.46
	Zkušební stanice	32.05	32.24	32.18	32.28	32.12	31.99	32.17	32.02
	LKÚ	32.30	32.40	32.45	32.45	31.83	31.83	32.17	32.29
	Konečná hodnota	31.91	32.08	32.07	32.11	32.12	31.93	32.11	32.07
10.2.3	Oplet - před dopravníkem	32.08	32.10	32.88	32.05				
	Oplet - za dopravníkem	31.57	31.50	31.68	31.60	31.60	31.65	31.42	31.58
	Vytlačování obalu	31.60	31.60	31.77	31.65	31.84	31.73	31.53	31.70
	Bandážování	31.50	31.59	31.73	31.69	31.60	31.58	31.46	31.68
	Debandážování	31.46	31.41	31.56	31.51	31.40	31.42	31.42	31.42
	Zkušební stanice	31.95	31.99	32.20	31.95	31.90	31.96	31.96	32.03
	LKÚ	32.06	32.09	32.33	31.92	32.19	32.38	32.19	32.24
	Konečná hodnota	31.91	31.90	32.13	31.89	32.00	32.02	31.90	32.00
10.2.4	Oplet - před dopravníkem	32.06	32.02	32.11	32.07				
	Oplet - za dopravníkem	31.85	31.67	31.58	31.80	31.66	31.74	31.78	31.63
	Vytlačování obalu	31.81	31.74	31.64	31.87	31.76	31.73	31.84	31.70
	Bandážování	31.73	31.65	31.60	31.84	31.60	31.71	31.85	31.72
	Debandážování	31.61	31.56	31.40	31.54	31.64	31.56	31.69	31.64
	Zkušební stanice	32.08	32.11	32.00	32.20	32.41	32.33	32.47	32.39
	LKÚ	33.40	33.33	33.27	33.40	33.22	33.23	33.34	33.31
	Konečná hodnota	32.94	32.85	32.76	33.00	32.81	32.82	32.91	32.85
10.2.5	Oplet - před dopravníkem	32.14	31.99	32.06	32.15				
	Oplet - za dopravníkem	31.65	31.45	31.49	31.53	31.58	31.69	31.49	31.44
	Vytlačování obalu	31.63	31.67	31.74	31.66	31.68	31.81	31.68	31.55
	Bandážování	31.65	31.75	31.75	31.60	31.69	31.75	31.60	31.54
	Debandážování	31.53	31.47	31.55	31.55	31.39	31.54	31.46	31.38
	Zkušební stanice	32.30	32.22	32.23	32.22	32.09	32.24	32.06	32.10
	LKÚ	32.65	32.55	32.65	32.56	32.72	32.96	32.82	32.81
	Konečná hodnota	32.29	32.34	32.39	32.43	32.36	32.50	32.31	32.38

10.4.1	Oplet - před dopravníkem	32.09	32.12	32.00	32.09				
	Oplet - za dopravníkem	31.94	32.05	32.04	31.87	31.84	31.89	31.94	32.07
	Vytlačování obalu	31.98	32.03	32.00	32.00	31.94	31.95	31.98	32.12
	Bandážování	31.95	32.00	32.02	31.89	31.94	31.97	31.96	32.06
	Debandážování	31.70	31.61	31.79	31.54	31.76	31.48	31.59	31.58
	Zkušební stanice	32.40	32.32	32.44	32.37	32.60	32.54	32.50	32.55
	LKÚ	32.32	32.45	32.63	32.44	32.36	32.24	32.42	32.44
	Konečná hodnota	32.21	32.29	32.41	32.30	32.23	32.18	32.27	32.28
10.4.2	Oplet - před dopravníkem	32.01	32.16	32.10	31.98				
	Oplet - za dopravníkem	31.92	31.94	32.04	31.91	31.81	31.86	31.95	32.02
	Vytlačování obalu	31.96	31.96	32.08	31.99	31.96	32.10	32.03	32.13
	Bandážování	31.90	31.88	32.12	31.98	31.95	31.96	31.97	32.01
	Debandážování	31.97	31.75	31.85	31.74	31.92	31.72	31.83	31.91
	Zkušební stanice	32.31	32.24	32.60	32.31	32.63	32.39	32.24	32.27
	LKÚ	32.95	32.90	33.20	32.86	33.01	33.15	33.08	33.10
	Konečná hodnota	32.35	32.30	32.48	32.39	32.40	32.38	32.44	32.52
10.4.3	Oplet - před dopravníkem	31.94	31.98	32.07	32.03				
	Oplet - za dopravníkem	32.03	32.02	31.89	31.98	31.84	32.01	31.97	31.94
	Vytlačování obalu		32.06	31.87	31.99	31.95	32.07	32.02	31.99
	Bandážování	32.06	31.98	31.87	32.00	31.87	32.02	31.97	31.96
	Debandážování	31.86	31.62	31.45	31.66	31.79	31.81	31.64	31.63
	Zkušební stanice	32.97	32.78	32.36	32.45	32.55	32.67	32.33	32.31
	LKÚ	33.25	33.08	32.77	32.80	32.88	32.90	32.65	32.50
	Konečná hodnota	32.44	32.50	32.25	32.37	32.41	32.47	32.20	32.37
10.4.4	Oplet - před dopravníkem	32.42	32.13	32.08	32.19				
	Oplet - za dopravníkem	31.66	31.96	31.98	31.93	31.85	31.84	31.88	31.91
	Vytlačování obalu	31.77	32.06	31.97	32.04	31.91	31.93	32.03	32.04
	Bandážování	31.68	32.01	32.01	31.97	31.84	31.87	31.95	31.97
	Debandážování	31.78	31.97	32.12	31.98	31.65	31.82	31.83	31.91
	Zkušební stanice	32.25	32.48	32.45	32.46	32.46	32.59	32.34	32.45
	LKÚ	32.40	32.77	32.80	32.70	32.43	32.69	32.41	32.51
	Konečná hodnota	32.07	32.35	32.45	32.27	32.19	32.40	32.29	32.33
10.4.5	Oplet - před dopravníkem	32.14	32.19	32.01	32.04				
	Oplet - za dopravníkem	32.08	32.04	31.97	31.85	32.05	31.90	32.02	31.97
	Vytlačování obalu	32.12	32.05	32.01	31.91	32.14	31.96	32.05	32.01
	Bandážování	32.16	32.01	32.03	31.93	32.07	31.91	31.93	31.91
	Debandážování								
	Zkušební stanice	32.99	32.55	32.69	32.55	32.75	32.70	32.70	32.68
	LKÚ	33.13	32.91	32.90	32.84	33.10	32.90	32.96	32.97
	Konečná hodnota	32.72	32.50	32.58	32.53	32.61	32.70	32.58	32.64

10.5.1	Oplet - před dopravníkem	32.04	32.07	31.99	31.97				
	Oplet - za dopravníkem	31.73	31.70	31.66	31.60	31.60	31.63	31.76	31.64
	Vytlačování obalu	31.85	31.82	31.80	31.75	31.68	31.72	31.82	31.73
	Bandážování	31.70	31.65	31.59	31.58	31.72	31.75	31.82	31.67
	Debandážování	31.54	31.65	31.55	31.46	31.51	31.54	31.77	31.53
	Zkušební stanice	32.08	32.06	32.05	31.98	32.04	32.06	32.18	31.97
	LKÚ	32.48	32.55	32.35	32.34	32.34	32.44	32.55	32.34
	Konečná hodnota	31.83	31.96	31.80	31.81	31.83	31.90	32.03	31.82
10.5.2	Oplet - před dopravníkem	32.41	32.37	32.27	32.23				
	Oplet - za dopravníkem	31.93	31.91	31.96	31.91	31.92	32.03	31.93	32.02
	Vytlačování obalu	32.05	32.03	32.11	31.97	32.02	32.11	32.00	32.11
	Bandážování	31.95	31.90	31.97	31.92	31.99	32.09	32.00	32.05
	Debandážování	31.90	31.75	31.97	31.64	31.86	31.85	31.75	31.86
	Zkušební stanice	32.24	32.08	32.22	31.99	32.20	32.15	32.04	32.08
	LKÚ								
	Konečná hodnota	32.22	32.15	32.30	32.05	32.29	32.27	32.17	32.24
10.5.3	Oplet - před dopravníkem	32.51	32.55	32.55	32.57				
	Oplet - za dopravníkem	31.98	31.87	32.09	31.98	31.92	31.95	32.02	32.05
	Vytlačování obalu	32.09	32.05	32.22	32.15	32.00	32.09	32.15	32.25
	Bandážování	32.02	31.86	32.09	31.98	32.00	32.06	32.11	32.06
	Debandážování	32.03	31.68	32.10	31.80	31.82	31.95	31.90	31.87
	Zkušební stanice	32.44	32.02	32.45	32.18	32.19	32.31	32.26	32.21
	LKÚ								
	Konečná hodnota	32.32	32.04	32.41	32.20	32.24	32.42	32.36	32.22
10.5.4	Oplet - před dopravníkem	32.64	32.25	32.36	32.44				
	Oplet - za dopravníkem	32.13	32.15	32.11	32.30	32.12	32.03	32.37	32.06
	Vytlačování obalu	32.22	32.28	32.24	32.37	32.16	32.15	32.50	32.19
	Bandážování	32.13	32.19	32.15	32.17	32.17	32.15	32.48	32.10
	Debandážování	31.85	31.95	31.90	32.07	31.83	31.91	32.25	31.96
	Zkušební stanice	32.35	32.50	32.41	32.61	32.28	32.35	32.68	32.36
	LKÚ	32.92	33.02	33.00	33.28	32.98	33.09	33.39	32.97
	Konečná hodnota	32.34	32.38	32.33	32.63	32.28	32.47	32.71	32.42
10.5.5	Oplet - před dopravníkem	32.20	32.31	32.37	32.26				
	Oplet - za dopravníkem	31.92	32.00	31.68	31.79	31.83	31.82	31.92	31.95
	Vytlačování obalu	31.92	32.04	31.86	31.94	31.96	32.03	32.05	32.06
	Bandážování	31.83	31.95	31.70	31.84	31.97	32.00	32.02	32.01
	Debandážování	31.73	31.63	31.62	31.65	31.64	31.80	31.68	31.75
	Zkušební stanice	32.30	32.24	32.26	32.36	32.36	32.33	32.26	32.27
	LKÚ	32.52	32.54	32.52	32.54	32.55	32.48	32.50	32.58
	Konečná hodnota	32.08	32.11	32.02	32.09	32.19	32.19	32.15	32.23

2SNK- 12	38,6 ± 0,4 mm	místo na vzorku							
	proces	1	2	3	4	5	6	7	8
12.1.1	Oplet - před dopravníkem	39.15	39.00	39.22	39.16				
	Oplet - za dopravníkem	38.90	39.07	38.87	38.95	38.90	38.78	38.89	39.08
	Vytlačování obalu	39.00		38.97	39.06	39.11	39.07	39.11	39.14
	Bandážování	38.84	39.03	38.87	38.95	39.00	38.93	38.97	38.99
	Debandážování								
	Zkušební stanice	39.29	39.48	39.27	39.25	39.52	39.22	39.21	39.27
	LKÚ								
	Konečná hodnota	39.00	39.28	39.18	39.20	39.38	39.31	39.30	39.16
12.1.2	Oplet - před dopravníkem	39.15	39.02	39.02	39.13				
	Oplet - za dopravníkem	38.74	38.91	38.68	38.74	38.68	38.73	38.74	38.70
	Vytlačování obalu	38.94	39.08		38.89	38.82	38.95	39.04	38.91
	Bandážování	38.75	38.94	38.72	38.85	38.72	38.79	38.84	38.79
	Debandážování								
	Zkušební stanice	39.52	39.52	39.42	39.35	38.98	39.11	39.17	39.11
	LKÚ								
	Konečná hodnota	39.42	39.51	39.38	39.37	39.11	39.33	39.39	39.19
12.1.3	Oplet - před dopravníkem	39.24	39.24	39.19	39.25				
	Oplet - za dopravníkem	38.98	38.87	38.90	38.93	38.92	38.96	38.90	38.94
	Vytlačování obalu	39.04		38.94	39.02	38.92	39.04	39.01	39.01
	Bandážování	39.03	38.94	39.01	39.03	38.88	38.95	38.95	38.98
	Debandážování								
	Zkušební stanice	39.75	39.85	39.84	39.60	39.61	39.50	39.41	39.74
	LKÚ								
	Konečná hodnota	39.56	39.63	39.73	39.37	39.51	39.63	39.65	39.63
12.1.4	Oplet - před dopravníkem	39.05	39.15	39.24	39.03				
	Oplet - za dopravníkem	38.74	38.86	38.83	38.68	38.80	38.82	38.84	38.76
	Vytlačování obalu	38.84		39.01	38.92	38.91	39.08	39.08	38.91
	Bandážování	38.85	38.98	39.01	38.92	38.91	38.97	38.94	38.84
	Debandážování								
	Zkušební stanice	39.46	39.55	39.66	39.49	39.56	39.45	39.44	39.39
	LKÚ								
	Konečná hodnota	39.29	39.23	39.39	39.33	39.23	39.29	39.23	39.18
12.1.5	Oplet - před dopravníkem	39.14	39.17	39.03	39.10				
	Oplet - za dopravníkem	38.98	39.02	38.97	39.02	39.03	39.05	39.01	38.97
	Vytlačování obalu	39.20	39.22		39.20	39.21	39.20	39.17	39.13
	Bandážování	39.09	39.17	39.10	39.11	39.12	39.13	39.08	39.04
	Debandážování								
	Zkušební stanice	39.64	39.70	39.66	39.56	39.68	39.77	39.80	39.36
	LKÚ								
	Konečná hodnota	39.55	39.49	39.39	39.41	39.55	39.61	39.65	39.30

12.2.1	Oplet - před dopravníkem	38.90	39.10	39.18	39.11				
	Oplet - za dopravníkem	38.80	38.77	38.71	38.62	39.21	38.77	38.72	38.71
	Vytlačování obalu	38.83	38.87		38.74	39.34	39.07	38.98	38.78
	Bandážování	38.87	38.88	38.83	38.68	39.19	38.81	38.84	38.67
	Debandážování	38.75	38.81		38.55	38.86	38.80	38.79	38.48
	Zkušební stanice	39.89	39.64	39.74	39.50	39.82	39.63	39.46	39.27
	LKÚ	39.31	39.38	39.54	39.19	39.63	39.45	39.47	39.35
	Konečná hodnota	39.41	39.44	39.42	39.11	39.64	39.45	39.42	39.33
12.2.2	Oplet - před dopravníkem	38.99	39.04	39.05	39.07				
	Oplet - za dopravníkem	38.97	38.83	38.67	38.61	38.78	38.75	38.77	38.64
	Vytlačování obalu		39.04		38.72	38.99	38.98	38.99	38.85
	Bandážování	38.96	38.88	38.96	38.67	38.86	38.81	38.81	38.64
	Debandážování	38.68	38.67		38.61	38.55	38.61	38.55	38.57
	Zkušební stanice								
	LKÚ								
	Konečná hodnota	39.08	39.06	38.86	38.89	38.84	39.06	38.96	38.96
12.2.3	Oplet - před dopravníkem	38.99	38.92	39.01	39.11				
	Oplet - za dopravníkem	38.99	38.72	38.77	38.86	38.74	38.60	38.57	38.80
	Vytlačování obalu	39.09	38.76		38.97	38.80	38.64	38.62	38.83
	Bandážování	39.02	38.75	38.84	38.89	38.78	38.64	38.66	38.75
	Debandážování	38.77	38.36	38.44	38.38	38.35	38.38	38.21	38.35
	Zkušební stanice	39.99	39.55	39.60	39.73	39.49	39.30	39.20	39.26
	LKÚ	39.65	39.50	39.50	39.52	39.42	39.24	39.17	39.31
	Konečná hodnota	39.50	39.17	39.18	39.32	38.95	38.99	38.99	39.09
12.2.4	Oplet - před dopravníkem	39.05	38.97	39.14	39.15				
	Oplet - za dopravníkem	38.75	38.77	38.78	38.94	38.84	38.67	38.53	39.13
	Vytlačování obalu	38.84	38.95		39.07	39.12	38.84	38.68	39.22
	Bandážování	38.83	38.86	38.83	39.07	38.98	38.74	38.56	39.16
	Debandážování	38.59	38.56	38.54	38.53	38.59	38.65	38.56	39.10
	Zkušební stanice	39.38	39.45	39.30	39.46	39.35	39.23	39.21	39.72
	LKÚ	39.83	39.90	40.03	40.11	39.99	39.96	39.97	40.53
	Konečná hodnota	39.77	39.80	39.75	40.04	39.81	39.68	39.71	40.20
12.2.5	Oplet - před dopravníkem	39.05	39.05	39.02	39.15				
	Oplet - za dopravníkem	38.82	38.75	38.77	39.05	38.89	38.90	38.54	38.62
	Vytlačování obalu	38.84	38.80		39.13	39.06	39.01	38.71	38.73
	Bandážování	38.82	38.79	38.72	39.12	38.99	38.99	38.63	38.69
	Debandážování	38.43	38.46	38.56	38.75	38.48	38.56	38.56	38.27
	Zkušební stanice	39.77	39.85	39.82	40.05	40.05	39.90	39.73	39.47
	LKÚ	39.50	39.46	39.40	39.81	39.93	39.73	39.62	39.39
	Konečná hodnota	39.24	39.25	39.20	39.52	39.52	39.43	39.26	39.18

12.4.1	Oplet - před dopravníkem	39.23	39.28	39.27	39.29				
	Oplet - za dopravníkem	38.94	38.86	39.03	39.08	39.08	38.98	38.96	38.91
	Vytlačování obalu	39.36	39.03	38.99	39.02	38.88	38.86	39.22	39.20
	Bandážování	39.27	39.00	38.95	38.98	38.95	38.87	39.15	39.06
	Debandážování	39.05	38.75	38.55	38.62	38.69	38.53	38.80	38.74
	Zkušební stanice	39.63	39.30	39.07	39.21	39.66	39.42	39.66	39.63
	LKÚ	40.02	39.65	39.54	39.64	39.95	39.77	39.90	39.84
	Konečná hodnota	39.82	39.58	39.37	39.41	39.46	39.37	39.56	39.56
12.4.2	Oplet - před dopravníkem	39.21	39.24	39.16	39.20				
	Oplet - za dopravníkem	39.07	39.08	39.07	39.06	38.97	39.03	38.99	38.96
	Vytlačování obalu	39.00	39.01	39.16	39.33	38.92	39.08	39.11	39.20
	Bandážování	39.04	39.02	39.17	39.23	38.93	39.03	39.01	39.20
	Debandážování	38.85	38.75	38.90	38.71	38.63	38.83	38.64	38.85
	Zkušební stanice	39.69	39.86	39.91	39.91	39.70	39.91	39.47	39.99
	LKÚ	40.14	40.16	40.29	40.33	39.66	39.88	39.72	40.22
	Konečná hodnota	39.59	39.54	39.65	39.69	39.41	39.58	39.44	39.73
12.4.3	Oplet - před dopravníkem	39.19	39.35	39.23	39.32				
	Oplet - za dopravníkem	39.07	38.94	39.03	39.14	39.29	38.89	38.92	38.92
	Vytlačování obalu	39.05	39.07	39.23	39.37	39.42	38.95	39.02	39.01
	Bandážování	39.01	38.97	39.16	39.26	39.45	38.97	39.12	39.08
	Debandážování	39.08	38.60	38.80	38.77	38.96	38.80	39.04	39.07
	Zkušební stanice	40.18	39.88	40.04	40.23	40.17	39.75	39.80	39.80
	LKÚ	39.82	39.60	39.99	39.89	39.77	39.40	39.59	39.53
	Konečná hodnota	39.68	39.35	39.62	39.70	39.68	39.25	39.45	39.36
12.4.4	Oplet - před dopravníkem	39.08	39.06	39.13	39.07				
	Oplet - za dopravníkem	39.03	38.93	39.00	39.01	39.01	39.03	38.93	38.88
	Vytlačování obalu	39.11	39.18	39.14	39.28	39.03	39.33	39.12	38.99
	Bandážování	39.16	39.19	39.16	39.08	39.07	39.26	39.07	39.16
	Debandážování	38.88	38.80	38.71	38.85	38.61	38.73	38.54	38.72
	Zkušební stanice	39.69	39.67	39.68	39.83	39.60	39.65	39.50	39.46
	LKÚ	39.72	39.74	39.66	39.74	39.51	39.56	39.40	39.48
	Konečná hodnota	39.44	39.48	39.38	39.39	39.36	39.38	39.26	39.34
12.4.5	Oplet - před dopravníkem	39.42	39.44	39.36	39.34				
	Oplet - za dopravníkem	39.04	38.99	39.16	38.99	39.12	39.09	39.11	39.24
	Vytlačování obalu	39.16	39.12	39.27	39.08	39.06	39.08	39.12	39.18
	Bandážování	39.17	39.11	39.30	39.13	39.18	39.20	39.21	39.26
	Debandážování	38.96	39.08	38.94	38.96	38.89	39.01	39.04	38.86
	Zkušební stanice	39.63	39.63	39.76	39.68	39.44	39.50	39.51	39.55
	LKÚ	39.51	39.55	39.77	39.58	39.84	39.60	39.61	39.63
	Konečná hodnota	39.42	39.44	39.58	39.40	39.42	39.51	39.49	39.53

PŘÍLOHA 5

Naměřené hodnoty - druhá zkouška.

1SNK- 6	21,25 ± 0,3 mm	místo na vzorku							
	proces	1	2	3	4	5	6	7	8
6.2..1	Bandážování	21.55	21.65	21.52	21.50	21.63	21.28	21.45	21.61
	Debandážání	21.61	21.53	21.34	21.46	21.50	21.18	21.28	21.54
	Zkušební stanice 1	21.47	21.44	21.26	21.30	21.36	21.03	21.10	21.30
	Zkušební stanice 2	22.07	22.00	21.87	22.06	21.90	21.69	21.80	21.91
	Zkušební stanice 3	21.91	21.94	21.80	22.11	22.08	21.67	21.76	21.85
	Zkušební stanice 4	22.30	22.10	21.85	22.06	21.96	21.78	22.01	22.03
	LKÚ	22.64	22.57	22.48	22.55	22.51	22.07	22.20	22.32
	Konečná hodnota	21.76	21.88	21.68	21.84	21.83	21.57	21.66	21.81
6.2..2	Bandážování	21.47	21.47	21.52	21.55	21.39	21.46	21.50	21.51
	Debandážání	20.93	21.00	21.01	21.15	21.16	21.15	21.29	21.25
	Zkušební stanice 1	20.86	21.10	21.09	21.03	21.35	21.18	21.34	21.20
	Zkušební stanice 2	21.58	21.65	21.64	21.70	21.84	21.75	21.83	21.70
	Zkušební stanice 3	21.52	21.54	21.57	21.60	21.90	21.65	21.74	21.52
	Zkušební stanice 4	21.93	22.13	22.23	22.24	22.13	22.06	22.20	22.23
	LKÚ	22.30	22.42	22.36	22.32	22.29	22.24	22.37	22.30
	Konečná hodnota	21.52	21.77	21.76	21.74	21.75	21.70	21.81	21.78
6.2..3	Bandážování	21.37	21.34	21.68	21.50	21.55	21.64	21.73	21.49
	Debandážání	21.23	21.26	21.58	21.28	21.17	21.43	21.56	21.23
	Zkušební stanice 1	21.28	21.24	21.55	21.30	21.20	21.44	21.70	21.32
	Zkušební stanice 2	21.67	21.72	22.01	21.71	21.60	21.92	22.00	21.66
	Zkušební stanice 3	21.60	21.62	21.93	21.68	21.66	21.90	21.92	21.63
	Zkušební stanice 4	21.62	21.66	21.85	21.61	21.80	22.00	22.06	21.80
	LKÚ	22.43	22.50	22.68	22.57	22.16	22.40	22.36	22.22
	Konečná hodnota	21.68	21.63	21.94	21.81	21.56	21.94	21.86	21.68
6.2..4	Bandážování	21.67	21.47	21.60	21.72	21.56	21.49	21.85	21.57
	Debandážání	21.34	20.98	21.23	21.21	20.85	21.02	21.20	20.96
	Zkušební stanice 1	21.23	20.90	21.25	21.10	21.16	21.25	21.33	21.14
	Zkušební stanice 2	21.60	21.48	21.80	21.74	21.69	21.62	21.73	21.46
	Zkušební stanice 3	21.62	21.50	21.80	21.77	21.80	21.72	21.86	21.54
	Zkušební stanice 4								
	LKÚ	23.02	22.55	22.99	23.01	22.60	22.72	22.86	22.60
	Konečná hodnota	22.11	21.93	22.14	22.18	21.90	22.10	22.23	21.93
6.2..5	Bandážování	21.56	21.37	21.38	21.60	21.55	21.53	21.56	21.24
	Debandážání	21.54	21.02	21.42	21.20	21.21	21.28	21.33	21.08
	Zkušební stanice 1	21.57	21.04	21.09	21.47	21.35	21.30	21.40	21.10
	Zkušební stanice 2	22.03	21.60	21.63	21.94	21.75	21.60	21.65	21.40
	Zkušební stanice 3	21.86	21.45	21.50	21.76	21.89	21.66	21.84	21.45
	Zkušební stanice 4	21.99	21.51	21.61	21.91	21.82	21.62	21.72	21.40
	LKÚ	22.94	22.63	22.67	22.99	22.66	22.54	22.72	22.38
	Konečná hodnota	22.02	21.68	21.67	22.01	22.00	21.87	21.99	21.66
6.2..6	Bandážování	21.40	21.51	21.76	21.57	21.60	21.47	21.63	21.70
	Debandážání	20.97	21.11	21.29	21.21	21.01	21.16	21.20	21.39
	Zkušební stanice 1	21.23	21.31	21.54	21.38	21.35	21.47	21.41	21.67
	Zkušební stanice 2	21.80	21.76	21.97	21.73	21.60	21.63	21.69	21.69
	Zkušební stanice 3	21.82	21.96	22.10	21.88	21.50	21.62	21.72	21.83
	Zkušební stanice 4								
	LKÚ	21.98	21.93	22.11	22.02	21.72	21.73	21.84	22.05
	Konečná hodnota	21.54	21.62	21.80	21.73	21.46	21.62	21.64	21.86

6.3..1	Bandážování	21.47	21.33	21.40	21.36	21.31	21.69	21.67	21.35
	Debandážání								
	Zkušební stanice 1								
	Zkušební stanice 2								
	Zkušební stanice 3								
	Zkušební stanice 4								
	LKÚ								
6.3..2	Konečná hodnota								
	Bandážování	21.63	21.56	21.38	21.54	21.46	21.42	21.50	21.48
	Debandážání	21.05	21.25	21.09	21.12	21.43	21.15	21.16	20.94
	Zkušební stanice 1	21.33	21.36	21.08	21.09	21.37	21.12	21.15	21.05
	Zkušební stanice 2	22.15	22.35	22.12	22.12	21.90	21.73	21.85	21.62
	Zkušební stanice 3	22.20	22.08	21.96	21.98	22.00	21.80	21.86	21.74
	Zkušební stanice 4	22.10	22.00	21.77	21.88	21.81	21.68	21.78	21.63
6.3..3	LKÚ	22.43	22.49	22.15	22.18	22.20	21.97	22.02	21.90
	Konečná hodnota	21.67	21.60	21.48	21.55	21.62	21.44	21.48	21.48
	Bandážování	21.40	21.50	21.41	21.35	21.68	21.41	21.33	21.32
	Debandážání	21.13	21.16	21.26	21.33	21.33	21.16	21.20	21.43
	Zkušební stanice 1	21.03	21.00	21.02	21.09	21.15	21.09	21.11	21.40
	Zkušební stanice 2	21.80	21.68	21.70	21.71	21.65	21.60	21.59	21.74
	Zkušební stanice 3	21.70	21.60	21.69	21.64	21.80	21.73	21.70	21.86
6.3..4	Zkušební stanice 4	21.98	21.69	21.76	21.87	22.12	21.96	21.90	22.20
	LKÚ								
	Konečná hodnota	21.83	21.76	21.73	21.75	21.95	21.72	21.75	21.79
	Bandážování	21.37	21.44	21.43	21.40	21.30	21.31	21.43	21.46
	Debandážání	21.11	21.10	21.08	21.11	21.07	21.15	21.32	21.33
	Zkušební stanice 1	21.12	21.19	21.17	21.20	21.24	21.24	21.40	21.41
	Zkušební stanice 2	21.50	21.51	21.47	21.46	21.54	21.63	21.70	21.76
6.3..5	Zkušební stanice 3	21.55	21.56	21.59	21.64	21.78	21.84	21.88	21.90
	Zkušební stanice 4	21.93	21.90	21.92	21.93	21.88	21.66	21.87	21.85
	LKÚ	21.92	22.12	22.04	22.04	22.01	21.65	21.84	22.02
	Konečná hodnota	21.49	21.50	21.39	21.50	21.45	21.35	21.57	21.53
	Bandážování	21.46	21.49	21.73	21.44	21.51	21.53	21.37	21.45
	Debandážání	21.37	21.12	21.43	21.34	20.89	21.01	21.03	21.22
	Zkušební stanice 1	21.47	21.27	21.27	21.21	21.21	21.25	21.29	21.45
6.3..5	Zkušební stanice 2	21.65	21.44	21.43	21.36	21.51	21.57	21.68	21.76
	Zkušební stanice 3	21.82	21.42	21.44	21.47	21.60	21.58	21.66	21.70
	Zkušební stanice 4	22.00	21.58	21.48	21.51	21.69	21.71	21.70	21.86
	LKÚ	21.96	21.69	21.62	21.60	21.50	21.54	21.57	21.78
	Konečná hodnota	21.66	21.54	21.74	21.46	21.44	21.58	21.45	21.46

2SNK- 10	31,9 ± 0,3 mm								
	proces	1	2	3	4	5	6	7	8
10.5.1	Bandážování	31.70	31.65	31.59	31.58	31.72	31.75	31.82	31.67
	Debandážání	31.54	31.65	31.55	31.46	31.51	31.54	31.77	31.53
	Zkušební stanice 1	31.63	31.76	31.71	31.74	31.59	31.61	31.63	31.52
	Zkušební stanice 2	31.95	32.05	32.02	31.96	32.02	31.99	32.05	31.88
	Zkušební stanice 3	32.10	32.05	31.98	31.90	32.02	32.00	32.16	31.93
	Zkušební stanice 4	32.08	32.06	32.05	31.98	32.04	32.06	32.18	31.97
	LKÚ	32.48	32.55	32.35	32.34	32.34	32.44	32.55	32.34
	Konečná hodnota	31.83	31.96	31.80	31.81	31.83	31.90	32.03	31.82
10.5.2	Bandážování	31.95	31.90	31.97	31.92	31.99	32.09	32.00	32.05
	Debandážání	31.90	31.75	31.97	31.64	31.86	31.85	31.75	31.86
	Zkušební stanice 1	32.01	31.84	32.05	31.75	31.90	31.96	31.80	31.86
	Zkušební stanice 2	32.06	31.90	32.02	31.84	32.07	32.08	31.91	31.92
	Zkušební stanice 3	32.18	32.02	32.16	31.96	32.15	32.15	31.98	32.02
	Zkušební stanice 4	32.24	32.08	32.22	31.99	32.20	32.15	32.04	32.08
	LKÚ								
	Konečná hodnota	32.22	32.15	32.30	32.05	32.29	32.27	32.17	32.24
10.5.3	Bandážování	32.02	31.86	32.09	31.98	32.00	32.06	32.11	32.06
	Debandážání	32.03	31.68	32.10	31.80	31.82	31.95	31.90	31.87
	Zkušební stanice 1	32.10	31.70	32.15	31.87	31.91	32.02	32.01	31.90
	Zkušební stanice 2	32.36	31.90	32.38	32.09	32.06	32.13	32.04	32.00
	Zkušební stanice 3	32.36	31.98	32.36	32.08	32.08	32.17	32.07	32.07
	Zkušební stanice 4	32.44	32.02	32.45	32.18	32.19	32.31	32.26	32.21
	LKÚ								
	Konečná hodnota	32.32	32.04	32.41	32.20	32.24	32.42	32.36	32.22
10.5.4	Bandážování	32.13	32.19	32.15	32.17	32.17	32.15	32.48	32.10
	Debandážání	31.85	31.95	31.90	32.07	31.83	31.91	32.25	31.96
	Zkušební stanice 1	31.95	32.10	31.96	32.15	31.90	31.97	32.33	31.97
	Zkušební stanice 2	32.33	32.43	32.33	32.53	32.43	32.30	32.63	32.21
	Zkušební stanice 3	32.35	32.45	32.40	32.60	32.35	32.30	32.65	32.26
	Zkušební stanice 4	32.35	32.50	32.41	32.61	32.28	32.35	32.68	32.36
	LKÚ	32.92	33.02	33.00	33.28	32.98	33.09	33.39	32.97
	Konečná hodnota	32.34	32.38	32.33	32.63	32.28	32.47	32.71	32.42
10.5.5	Bandážování	31.83	31.95	31.70	31.84	31.97	32.00	32.02	32.01
	Debandážání	31.73	31.63	31.62	31.65	31.64	31.80	31.68	31.75
	Zkušební stanice 1	31.73	31.71	31.69	31.67	31.63	31.77	31.67	31.79
	Zkušební stanice 2	32.28	32.12	32.18	32.13	32.38	32.28	32.15	32.16
	Zkušební stanice 3	32.14	32.08	32.04	32.08	32.38	32.29	32.20	32.23
	Zkušební stanice 4	32.30	32.24	32.26	32.36	32.36	32.33	32.26	32.27
	LKÚ	32.52	32.54	32.52	32.54	32.55	32.48	32.50	32.58
	Konečná hodnota	32.08	32.11	32.02	32.09	32.19	32.19	32.15	32.23

PŘÍLOHA 6

Naměřené hodnoty - třetí zkouška.

1SNK-6	21,25 ± 0,3 mm	místo na vzorku							
	proces	1	2	3	4	5	6	7	8
6.4.1	Bandážování	21.30	21.26	21.16	21.17	21.28	21.18	21.20	21.11
	Debandážání	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
	Zkušební stanice 1	21.11	20.94	20.88	20.97	20.96	20.77	20.90	20.73
	Zkušební stanice 2	21.75	21.49	21.50	21.52	21.84	21.50	21.64	21.62
	Zkušební stanice 3	21.60	21.35	21.45	21.57	21.85	21.60	21.65	21.60
	Zkušební stanice 4	21.80	21.71	21.61	21.78	21.70	21.35	21.45	21.45
	LKÚ	21.69	21.71	21.60	21.67	21.74	21.67	21.80	21.84
	Konečná hodnota	21.39	21.26	21.22	21.38	21.48	21.23	21.30	21.29
6.4..2	Bandážování	21.42	21.22	21.27	21.11	21.36	21.12	21.56	21.21
	Debandážání	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
	Zkušební stanice 1	21.23	20.94	20.97	20.98	21.05	20.85	21.18	20.82
	Zkušební stanice 2	22.06	21.80	21.96	21.92	21.90	21.72	22.01	21.72
	Zkušební stanice 3	22.27	21.87	22.03	22.00	22.14	21.81	22.13	21.90
	Zkušební stanice 4	22.36	22.02	22.18	22.12	21.78	21.56	21.70	21.51
	LKÚ	21.87	21.63	21.78	21.71	21.86	21.70	21.97	21.75
	Konečná hodnota	21.52	21.27	21.29	21.24	21.50	21.26	21.59	21.37
6.4..3	Bandážování	21.48	21.50	21.14	21.24	21.25	21.22	21.41	21.59
	Debandážání	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
	Zkušební stanice 1	21.14	21.20	20.90	21.09	20.82	20.82	21.08	21.35
	Zkušební stanice 2	21.80	22.00	21.60	21.85	21.53	21.32	21.50	21.75
	Zkušební stanice 3	21.84	21.83	21.50	21.66	21.50	21.28	21.48	21.68
	Zkušební stanice 4	22.02	22.15	21.82	22.04	21.85	21.70	21.82	22.20
	LKÚ	21.65	21.85	21.48	21.84	21.75	21.47	21.80	22.12
	Konečná hodnota	21.46	21.61	21.18	21.40	21.36	21.22	21.47	21.72
6.4..4	Bandážování	21.43	21.54	21.56	21.69	21.41	21.61	21.57	21.36
	Debandážání	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
	Zkušební stanice 1	21.34	21.30	21.12	21.40	20.93	21.15	20.80	21.02
	Zkušební stanice 2	21.95	21.92	21.88	22.08	21.95	22.15	22.02	22.06
	Zkušební stanice 3	21.86	21.83	21.76	21.91	21.88	22.02	22.01	21.91
	Zkušební stanice 4	22.14	22.26	22.24	22.12	22.46	22.60	22.60	22.74
	LKÚ	21.96	21.97	21.71	22.05	21.78	21.98	22.00	21.74
	Konečná hodnota	21.57	21.63	21.51	21.74	21.57	21.67	21.61	21.54
6.4..5	Bandážování	21.45	21.55	21.44	21.32	21.33	21.29	21.56	21.45
	Debandážání	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
	Zkušební stanice 1								
	Zkušební stanice 2	22.95	23.10	23.05	22.75	22.67	22.74	22.96	22.82
	Zkušební stanice 3	22.55	22.65	22.66	22.50	22.09	22.16	22.25	22.26
	Zkušební stanice 4	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
	LKÚ	21.84	21.85	22.02	21.91	21.91	21.96	22.02	22.11
	Konečná hodnota	21.69	21.74	21.76	21.56	21.57	21.61	21.78	21.77

6.5..1	Bandážování	21.39	21.20	21.30	21.37	21.31	21.35	21.23	21.28
	Debandážání	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
	Zkušební stanice 1	20.96	21.11	20.94	21.16	21.35	21.30	21.29	21.11
	Zkušební stanice 2	21.36	21.55	21.35	21.63	21.81	21.73	21.57	21.41
	Zkušební stanice 3	21.31	21.41	21.39	21.52	21.80	21.70	21.60	21.31
	Zkušební stanice 4	21.62	21.58	21.50	21.62	21.73	21.59	21.60	21.38
	LKÚ	21.64	21.57	21.51	21.72	22.12	21.86	21.78	21.60
	Konečná hodnota	21.33	21.28	21.20	21.39	21.50	21.43	21.33	21.25
6.5..2	Bandážování	21.40	21.47	21.64	21.60	21.51	21.56	21.62	21.60
	Debandážání	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
	Zkušební stanice 1	21.43	21.35	21.40	21.35	21.51	21.36	21.50	21.60
	Zkušební stanice 2	21.45	21.51	21.57	21.65	21.97	21.70	21.78	21.86
	Zkušební stanice 3	21.45	21.55	21.60	21.73	22.02	21.62	21.82	21.91
	Zkušební stanice 4	21.60	21.63	21.73	21.70	21.87	21.73	21.86	21.91
	LKÚ	21.73	21.82	21.87	21.97	22.14	21.85	21.95	21.99
	Konečná hodnota	21.45	21.61	21.64	21.60	21.74	21.60	21.74	21.76
6.5..3	Bandážování	21.35	21.24	21.42	21.35	21.30	21.23	21.34	21.25
	Debandážání	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
	Zkušební stanice 1	21.12	20.88	21.18	21.13	21.21	21.18	21.11	21.04
	Zkušební stanice 2	21.56	21.38	21.70	21.60	21.50	21.52	21.48	21.36
	Zkušební stanice 3	21.44	21.27	21.67	21.52	21.58	21.50	21.53	21.31
	Zkušební stanice 4	21.54	21.24	21.60	21.62	21.57	21.50	21.50	21.28
	LKÚ	21.49	21.22	21.61	21.46	21.58	21.60	21.68	21.45
	Konečná hodnota	21.36	21.15	21.43	21.32	21.31	21.37	21.24	21.21
6.5..4	Bandážování	21.49	21.49	21.35	21.18	21.38	21.37	21.32	21.28
	Debandážání	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
	Zkušební stanice 1	21.11	20.85	21.16	20.84	21.24	21.20	21.14	21.08
	Zkušební stanice 2	21.67	21.53	21.69	21.41	21.70	21.74	21.72	21.56
	Zkušební stanice 3	21.72	21.44	21.62	21.51	21.68	21.65	21.51	21.39
	Zkušební stanice 4	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
	LKÚ	21.80	21.63	21.75	21.61	21.70	21.89	21.73	21.65
	Konečná hodnota	21.58	21.38	21.58	21.31	21.38	21.47	21.39	21.36
6.5..5	Bandážování	21.24	21.32	21.32	21.36	21.21	21.22	21.18	21.14
	Debandážání	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
	Zkušební stanice 1	21.07	20.85	20.95	21.02	21.09	20.90	20.93	20.99
	Zkušební stanice 2	21.34	21.13	21.20	21.40	21.53	21.36	21.29	21.35
	Zkušební stanice 3								
	Zkušební stanice 4								
	LKÚ								
	Konečná hodnota	21.33	21.17	21.19	21.36	21.39	21.32	21.17	21.23

PŘÍLOHA 7

Diagram interakce.

